

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Departamento Académico de Ciencias Agrarias**



**“EFECTO DE DOS TIPOS DE SUSTRATO Y TRES  
CONCENTRACIONES DE ACIDO INDOLBUTIRICO EN LA  
PROPAGACION POR ESTACAS DEL CULTIVO DE CACAO  
(*Theobroma cacao* L.)”**

**TESIS**

**Para optar el título de**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**WILLIAN HUGO MENDOZA REYNAGA**

**PROMOCIÓN 2004 – II**

**“Peregrino de la paz, Karol Wojtyla, con humildad y sabiduría”**

**TINGO MARÍA – PERÚ**

**2007**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Julián y Haydee.

A mis hermanos, Cesar, Lourdes, Ulises, Edith y Kenia.

A mis sobrinos, Carlitos, Adriana y Kyara

A mi abuelo Lucas.

## AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Agronomía que contribuyeron a mi formación profesional.
- Al Ing. Agr. Jaime Chávez Matías, asesor del presente trabajo, por su valiosa colaboración y supervisión de la presente tesis.
- A los miembros del jurado de tesis, Ing. Agr. Jorge Adriazola Del Águila, Ing. Agr. Manuel Miranda Armas e Ing. Agr. Fernando Gonzáles Huiman por su apoyo.
- Al Ing. Agr. Demetrio Lama Domínguez por su colaboración y orientación para el inicio del presente trabajo de tesis.
- Al Ing. Agr. Raúl Gómez Bernal por su apoyo con el material vegetativo.
- A mis compañeros y amigos, Paúl Lama Isminio, Wilson Nano La Torre, Cristina Zapata Mansilla, Pedro Mansilla Córdova, Dennis Gómez Farfán, Félix Zevallos Chagua, Ulises Barreto Gamarra, Lener Reátegui Bernal y Juan José Vásquez Tejeda quienes brindaron su apoyo en la realización del presente trabajo de tesis.
- A mis amigos Juan Carlos Vela Mori, Alain Delgado Palavicino, Pablo y Francisco Gabancho La Torre, Kathy y Rosita Huamán Ruiz por su colaboración en la redacción del presente trabajo.

## INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	12
2.1. De la propagación vegetativa.....	12
2.2.1 Propagación por estacas.....	12
2.2. Origen anatómico de las raíces adventicias.....	14
2.3. Fisiología del enraizamiento.....	15
2.4. Factores que afectan el enraizamiento.....	16
A. Selección del material para estaca.....	16
1. Condiciones fisiológicas de la planta madre.....	16
2. Naturaleza y edad de la planta madre.....	17
3. Superficie foliar de la estaca.....	18
B. Tratamiento de las estacas con reguladores de crecimiento.....	20
C. Condiciones ambientales durante el enraizamiento....	21
1. Efecto de la humedad.....	21
2. Efecto de la temperatura.....	23
3. Efecto de la luz.....	24
4. Medio de enraizamiento.....	25
2.5. Antecedentes de la propagación por estacas en cacao.....	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1. Campo experimental.....	31
3.2. Componentes en estudio.....	33
3.3. Tratamientos en estudio.....	34
3.4. Diseño experimental.....	34

3.5.	Disposición experimental.....	36
3.6.	Ejecución del experimento.....	36
3.7.	Evaluaciones a registrar.....	39
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1.	Número de estacas enraizadas.....	41
4.2.	Número de raíces por estaca.....	47
4.3.	Longitud de raíz.....	52
4.4.	Volumen de raíces por estaca.....	55
4.5.	Materia seca de raíces por estaca.....	58
4.6.	Área foliar por estaca.....	63
4.7.	Materia seca de brotes por estaca.....	65
V.	CONCLUSIONES.....	68
VI.	RECOMENDACIONES.....	69
VII.	RESUMEN.....	70
VIII.	BIBLIOGRAFIA.....	71
IX.	ANEXO.....	76

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Datos climáticos de abril a agosto del 2006, correspondiente al periodo experimental.....	31
2. Análisis físico – químico de los sustratos en estudios.....	32
3. Descripción de los tratamientos en estudio.....	34
4. Esquema del análisis de variancia.....	35
5. Análisis de variancia del número de estacas enraizadas evaluado a los 120 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$ .....	41
6. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente al número de estacas enraizadas.....	43
7. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales (A) y (B) para el número de estacas enraizadas evaluado a los 120 días...	45
8. Análisis de variancia del número de raíces por estaca, evaluado a los 120 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$ .....	47
9. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente al número de raíces por estaca evaluado a los 120 días.....	49
10. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales (A) y (B) para el número de raíces por estaca evaluado a los 120 días. ....	50
11. Análisis de variancia de la longitud de raíz evaluado a los 120 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$ .....	52
12. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente a la longitud de raíz evaluado a los 120 días. ....	54

13.	Análisis de variancia del volumen de raíces por estaca evaluados a los 120 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$ .....	55
14.	Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente al volumen de raíces por estaca evaluado a los 120 días. ....	57
15.	Análisis de variancia de materia seca de raíces por estaca evaluado a los 120 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$ .....	58
16.	Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente a materia seca de raíces por estaca evaluado a los 120 días.....	59
17.	Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales (A) y (B) para la materia seca de raíces por estaca evaluado a los 120 días.....	61
18.	Análisis de variancia del área foliar por estaca evaluados a los 120 días. Datos transformados a logaritmo $(x+1)$ .....	63
19.	Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente al área foliar por estaca evaluado a los 120 días.....	64
20.	Análisis de variancia de materia seca de brotes por estaca evaluado a los 120 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$ .....	65
21.	Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente a materia seca de brotes por estaca evaluado a los 120 días.....	66
22.	Datos originales de número de estacas enraizadas.....	77
23.	Número de estacas enraizadas, datos transformados $\sqrt{x+1}$ .....	77
24.	Datos originales de número de raíces por estaca.....	77
25.	Número de raíces por estaca, datos transformados $\sqrt{x+1}$ .....	78

26.	Datos originales de longitud de raíz (cm).....	78
27.	Longitud de raíz (cm), datos transformados $\sqrt{x+1}$ .....	78
28.	Datos originales de volumen de raíces por estaca (cm <sup>3</sup> ).....	79
29.	Volumen de raíces por estaca (cm <sup>3</sup> ), datos transformados $\sqrt{x+1}$ .....	79
30.	Datos originales de materia seca de raíces por estaca (g).....	79
31.	Materia seca de raíces por estaca (g), datos transformados $\sqrt{x+1}$ .....	80
32.	Datos originales de área foliar por estaca (cm <sup>2</sup> ).....	80
33.	Área foliar por estaca (cm <sup>2</sup> ), datos transformados a logaritmo (x+1).....	80
34.	Datos originales de materia seca de brotes por estaca (g).....	81
35.	Materia seca de brotes por estaca (g), datos transformados $\sqrt{x+1}$ .....	81
36.	Porcentaje de enraizamiento a los 120 días de evaluado.....	81



## INDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Diagrama de dispersión entre dosis de ácido indolbutírico (AIB) y número de estacas enraizadas con una curva de ajuste que aproxima la relación entre estas variables.....	44
2. Número de estacas enraizadas en dos tipos de sustrato y tres dosis de ácido indolbutírico (AIB).....	46
3. Número de raíces por estaca en dos tipos de sustrato y tres dosis de ácido indolbutírico (AIB).....	51
4. Materia seca de raíces por estaca (g) en dos tipos de sustrato y tres dosis de ácido indolbutírico (AIB).....	62
5. Materia seca de brotes por estaca (g) en dos tipos de sustrato y tres dosis de ácido indolbutírico (AIB).....	67
6. Parte de la rama seleccionada para estacas.....	82
7. Estacas utilizadas para el enraizamiento.....	82
8. Colocación de las estacas en las camas de propagación.....	83
9. Camas de propagación cubiertas por el polietileno.....	83
10. Presencia de raíces en las estacas a los 50 días de instaladas....	84
11. Presencia de raíces en estacas aplicadas 9000, 6000 y 3000 ppm de AIB, respectivamente.....	84
12. Estacas enraizadas sin aplicar AIB y con aplicación de 6000 ppm de ácido indolbutírico (AIB).....	85
13. Estructura química de ácido indol-3-butírico.....	85

## I. INTRODUCCIÓN

La amazonía peruana y en particular la cuenca del Huallaga, presenta condiciones que favorecen el cultivo de cacao, el cual es un sustento tradicional en la producción agropecuaria de numerosas zonas de la selva y en los últimos años, en muchas zonas se considera con una perspectiva muy promisoría.

Mediante la propagación sexual en cacao se tiene el inconveniente de producir plantas altamente heterocigotas y variables, además de presentar fase juvenil prolongada. Por lo tanto la propagación vegetativa de genotipos seleccionados permite mantener las características deseables como son la resistencia a enfermedades y alta productividad entre las más importantes, además de su precocidad para producir. En el cultivo de cacao, las estacas como método de propagación vegetativa, es concebida desde la década del 30; en la actualidad Ecuador y Brasil son los países en las que está muy desarrollada esta práctica de propagación. Sin embargo si se quiere transferir los beneficios de la propagación por estacas al pequeño productor de la región, se hace necesario adaptar o desarrollar nuevas tecnologías de propagación, eficientes pero económicas y simples.

Las auxinas son los reguladores de crecimiento mas utilizados para favorecer el proceso de formación de raíces, siendo el ácido indolbutírico (AIB) la principal auxina sintética utilizada para este fin, pero presenta resultados bastantes variables conforme a la especie utilizada, tipo de estaca, concentración, modo de aplicación, condiciones ambientales, entre otras.

En el presente trabajo se planteó como hipótesis que la producción de raíces adventicias en estacas de cacao dependen, entre otras condiciones, del

tipo de sustrato a utilizar en el enraizamiento y la aplicación de un regulador de crecimiento. En base a esto se planteó los siguientes objetivos:

- 1) Evaluar el efecto de dos tipos de sustrato en el enraizamiento de estacas de cacao.
- 2) Evaluar el efecto de tres concentraciones de ácido indolbutírico (AIB), en el enraizamiento de estacas de cacao.

## **II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA**

### **2.1. De la propagación vegetativa**

La necesidad de recurrir a la propagación vegetativa se presenta cuando los árboles seleccionados no reproducen con fidelidad sus características al usar semillas (VALDEZ, 1976).

La reproducción asexual, esto es, la reproducción empleando partes vegetativas de la planta original, es posible porque cada célula de la planta contiene la información genética necesaria para generar la planta entera. Dicha capacidad depende de dos características fundamentales de las células vegetales. Una es la totipotencia, que significa que cada célula vegetal viviente contiene la información genética necesaria para reconstruir todas las partes de la planta y sus funciones. La segunda es la dediferenciación, o sea la capacidad de células maduras de volver a una condición meristemática y desarrollar un punto de crecimiento nuevo (HARTMANN y KESTER, 1987).

Es probable que en algunos casos no se aprecien las características fenotípicas, debido a que el nuevo individuo puede ser influenciado por la variación ambiental (Zobel y Talbert, 1988 citado por RAMOS, 2004).

#### **2.2.1. Propagación por estacas**

HARTMANN y KESTER (1987), mencionan que la propagación por estacas y por estacas con yema foliar, solo es necesario para que se forme un nuevo sistema de raíces adventicias, ya que existe un sistema caulinar en potencia (una yema). Muchas especies pueden ser propagadas por una o mas tipos de estacas, seleccionándose el tipo de acuerdo con la disponibilidad de material vegetativo y facilidad de su obtención. La estaca proveniente de tallos

tiene la ventaja de su fácil obtención y mayor disponibilidad de material, presentando resultados satisfactorios (PEREIRA, 2003).

Entre las ventajas significativas que ofrece la propagación vegetativa se destaca la capacidad de explotar tanto los componentes aditivos como los no aditivos de la varianza genética total, permitiendo ganancia genética en el menor tiempo posible (Zobel, 1992 citado por MESSEN, 1998); otro de las ventajas es que no existe problema de compatibilidad con patrones o de uniones deficientes de injertos. Se obtiene una uniformidad mayor por la ausencia de variaciones que en ocasiones aparecen en las plantas injertadas resultantes de la variación en los patrones provenientes de semillas (HARTMANN y KESTER, 1987).

Algunos factores pueden influenciar la propagación por estacas, entre ellas la posición de la estaca en la rama, por el grado de lignificación, cantidad de reservas y diferenciación de los tejidos, el tipo de sustrato, por sus características químicas y físicas, el genotipo, las condiciones fisiológicas de la planta madre y las condiciones ambientales, además que los resultados pueden ser mejorados con un tratamiento previo de las estacas con productos químicos, como los reguladores de crecimiento (Hartmann *et al.*, 2002 citados por BASTOS, 2006).

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

raíces bien ramificadas y distribuidas alrededor de las estacas son suficientes (Leakey, 1985 citado por GUTIERREZ, 2003).

## **2.2. Origen anatómico de las raíces adventicias**

En especies leñosas perennes, en las cuales hay una o mas capas de xilema y floema secundarios, en las estacas de tallo, usualmente se originan de células de parénquima vivientes, primordialmente en el xilema secundario joven, pero a veces lo hacen de otros tejidos como los radios vasculares, el cámbium, el floema, las lenticelas o la médula (HARTMANN y KESTER, 1987).

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

Con frecuencia las primeras raíces aparecen a través del callo, conduciendo a la creencia de que la formación de callo es esencial para el enraizamiento. En la mayoría de las plantas, la formación de callo y de raíces son independientes entre si y cuando ocurren simultáneamente es debido a su dependencia de condiciones internas y ambientales similares (HARTMANN y KESTER, 1987).

El desarrollo de un anillo de esclerénquima continuo entre el floema y la corteza, al exterior del punto de origen de las raíces adventicias y el cual a menudo esta asociado con la maduración, posiblemente constituye una barrera anatómica para el enraizamiento (HARTMANN y KESTER, 1987).

### **2.3. Fisiología del enraizamiento**

Una buena iniciación del desarrollo radical adventicio, depende de la presencia en las estacas de cierto número de cofactores, que en combinación con las auxinas permiten que las estacas formen raíces (WEAVER, 1976). Un cofactor se puede definir como una sustancia natural con acción catalítica y reguladora del metabolismo, pero cuya acción no es suficiente por sí misma para determinar fenómenos de desarrollo, sino que actúan a manera de coenzimas (Rojas, 1972 citado por MANSILLA, 2004).

Para explicar el proceso de inducción de raíces, normalmente se recurre a la teoría desarrollada por Bouillene, la cual establece que un compuesto fenolico (posiblemente dehidroxifenol) actúa como cofactor del enraizamiento. Dicho cofactor es producido en las hojas y las yemas de la estaca, siendo translocado posteriormente a la región de enraizamiento, en donde en presencia de un cofactor no específico (auxinas), y de una enzima específica localizada en las células de ciertos tejidos (polifenol oxidasas), completan un complejo (la rizocalina) que actúa como estimulante de la rizogénesis. Los factores que componen este complejo, junto con otros determinantes de naturaleza endógena y ambiental, harían posible el enraizamiento, mientras que la ausencia de algunas de ellos la impediría (Gutiérrez, 1995 citado por NUÑEZ, 1997; HARTMANN y KESTER, 1987).

## **2.4. Factores que afectan el enraizamiento**

### **A. Selección del material para estaca**

#### **1. Condiciones fisiológicas de la planta madre**

Los propagadores de plantas a menudo recalcan la conveniencia de tomar las estacas en la mañana, temprano, cuando el material vegetal esta turgente. Existen datos experimentales que apoyan este punto. Estudios efectuados con estacas de cacao y de chícharo mostraron una reducción del enraizamiento cuando las estacas se tomaron de plantas madres que sufrían por carencia de agua (HARTMANN y KESTER, 1987). Así mismo sobre el punto de vista fisiológico, las estacas deben ser colectadas en el periodo de reposo vegetativo, el cual es variable de acuerdo con la planta. La realización de la colecta de las estacas en el periodo de reposo vegetativo es importante, en función del equilibrio carbohidratos/nitrógeno establecido en esta ocasión debido al efecto que ejerce en la iniciación y en el desarrollo de las raíces (Silva, 1998 citado por TORRES, 2003).

La nutrición de la planta madre puede ejercer una fuerte influencia en el desarrollo de raíces y tallos de las estacas. Este efecto que puede estar relacionado con un estado fisiológico dado del tejido, puede asociarse con ciertas relaciones carbohidratos/nitrógeno (HARTMANN y KESTER, 1987).

La iniciación de las raíces de las estacas requiere de energía. Considerando que las sustancias lipídicas normalmente no son abundantes en los tallos, la degradación de carbohidratos se constituye principalmente en una fuente de energía en la estaca para activar el proceso



rizogénico, señalándose al almidón, cuando está presente, como fuente principal para el desarrollo del primordio radical (Puri y Khara, 1992 citados por NUÑEZ, 1997). Hay una relación entre la concentración de carbohidratos y el enraizamiento de estacas, una vez que estos azúcares ejercen funciones estructurales relevantes en el proceso bioquímico, durante la expansión celular, en la formación de nuevos tejidos e iniciación de raíces adventicias (Silva, 1998 citado por TORRES, 2003). Una de las funciones de los carbohidratos en algunas especies es el de producir un incremento en el número de raíces por estacas (Veierskov *et al.*, 1982 citados por NUÑEZ, 1997).

En parte, la concentración de carbohidratos en estacas puede ser influenciada por el tratamiento con auxinas, que puede mejorar la movilización de los carbohidratos en hojas y ramas superiores y aumentar el transporte para la zona de enraizamiento (Middleton *et al.*, 1980; Haissig, 1982 citados por TORRES, 2003).

## **2. Naturaleza y edad de la planta madre**

En cacao las ramas más fáciles de enraizar son las jóvenes, recientemente brotados, cuya parte inferior es todavía verde y empieza apenas a hacerse parda, y cuyas hojas muy verdes, llegadas a la madurez, no están expuestas a plena luz, sino que tienen la apariencia de las hojas que se desarrollan en las partes sombreadas. Se pueden usar indiferentemente como estacas varas ortotrópicas sacadas de chupones o varas plagiotrópicas obtenidas ramas jóvenes, pero en la práctica solo las varas plagiotrópicas, se pueden conseguir en abundancia (BRAUDEAU, 1981).

La edad de la planta madre es un factor importante en el enraizamiento. Es evidente que las estacas retiradas de plantas en estado juvenil de crecimiento presentan mayor capacidad de formar raíces que las estacas retiradas de plantas adultas. Ese hecho está relacionado con el aumento en el contenido de inhibidores y disminución en el contenido de cofactores, a la medida que la planta vaya tornándose adulta (Fachinello *et al.*, 1995 citados por BASTOS, 2006; HARTMANN y KESTER, 1987). La baja capacidad de enraizamiento de estacas provenientes de material adulto, se puede deber a que en la copa de los árboles, los brotes están compitiendo por agua y por nutrientes debido al efecto de sombramiento que se da; asimismo, en el material adulto, es posible que las funciones de los genes estén más definidas hacia la producción de ciertas estructuras, siendo más difícil que las células regresen al estado meristemático (Leakey y Mesen, 1991 citados por NUÑEZ, 1997).

### **3. Superficie foliar de la estaca**

El efecto que tiene el área foliar sobre la capacidad de enraizamiento, se encuentra relacionado con la producción de carbohidratos derivados de la fotosíntesis (Kamaluddin y Alt, 1996 citados por NUÑEZ, 1997), producción de promotores auxínicos, auxinas sinergistas (co-factores) o de nutrientes. Los promotores pueden, ser transportados a la zona de enraizamiento en la base de la estaca, puesto que las hojas maduras exportan principalmente en una dirección basipétala (Wilson, 1994 citado por NUÑEZ, 1997).

Es importante mantener un potencial hídrico relativamente alto en las hojas y así, disminuir la actividad oxidasa en la fotosíntesis

(producción de peróxido de hidrógeno, que es tóxico para las plantas) e incrementar la actividad de las auxinas producidas naturalmente (Loach, 1977 citado por GUTIERREZ, 2003). Si se retiene la hoja en una estaca, la fotosíntesis puede continuar, pero el costo de fotosintetizar es transpirar. La respuesta de la planta es el cierre de estomas, limitando la adquisición de CO<sub>2</sub>, para realizar la fotosíntesis (Leakey, 1985 citado por GUTIERREZ, 2003).

En cacao una estaca sin hojas no puede enraizar. Una estaca que pierde sus hojas en el transcurso del periodo de enraizamiento está igualmente condenada pues, aunque está empezando a echar raíces, no podrá desarrollarse. Es necesaria una superficie foliar mínima para asegurar la fotosíntesis precisada para satisfacer las necesidades correspondientes al desarrollo del sistema radical y a la vida de la estaca (BRAUDEAU, 1981).

#### **B. Tratamiento de las estacas con reguladores de crecimiento**

La aplicación de reguladores de crecimiento para el enraizamiento se torna necesaria cuando el balance citocinina/auxina se encuentra muy alto. Por lo tanto es necesario que haya un balance adecuado, especialmente auxinas, giberelinas y citocininas, o sea, un equilibrio entre promotores e inhibidores del proceso de iniciación radicular. La manera más común de promover ese equilibrio es a través de la aplicación exógena de reguladores de crecimiento sintéticos, como AIA (ácido indolacético), AIB (ácido indolbutírico), o ANA (ácido naftalenacético), que pueden elevar el contenido de auxina en el tejido y proporcionar mayor porcentaje, velocidad, calidad y uniformidad de enraizamiento (Norberto, 1999; Wendling, *et al.*, 2000 citados por TORRES, 2004).

Con respecto a las auxinas, ha sido bien documentado el efecto que tienen las mismas en promover el desarrollo de raíces adventicias en la base de la estaca, por medio de la capacidad de promover la iniciación de primordios radicales y de transportar carbohidratos y co-factores a la base de la estaca (Leakey *et al.*, 1982 citados por NUÑEZ, 1997),

Existe un efecto directo de las auxinas en cuanto a la división celular y la elongación, así como en un aumento en el transporte de carbohidratos y cofactores foliares a la base de la estaca, donde se llega a promover el desarrollo y formación del primordio inicial (Haissig, 1974 citado por NUÑEZ, 1997).

Las auxinas se mueven a través de células parénquimáticas, desde su lugar de formación hacia los haces vasculares del tallo y; a diferencia de lo que ocurre con los azúcares, iones y otros solutos, que se transportan a través de los tubos cribosos del floema; este transporte, célula a célula, se caracteriza por ser más lento; además, es un transporte polar, es decir, siempre basipétalo (Strasburger, 1994 citado por HENRIQUÉZ, 2004).

La acción auxínica parece ser muy particular y se ejercería fundamentalmente en dos etapas: en la primera, el efecto es de estimulación del crecimiento, pero la duración del efecto estimulante se acorta progresivamente con el aumento de la concentración. Ello termina por provocar una inhibición que es la que caracteriza la segunda etapa. El agente responsable sería el etileno, cuya síntesis es estimulada cuando la concentración de la auxina aumenta (Sivori, 1980 citado por MANSILLA, 2004).

El ácido indolbutírico (AIB) se utiliza para causar la formación de raíces aun mas a menudo que el ácido naftalenacetico (ANA) o cualquier otra

auxina (SALISBURY y ROSS, 2000). Tiene una actividad auxínica débil y los sistemas de enzimas destructores de auxinas, la destruyen en forma relativamente lenta (WEAVER, 1976); tiene la ventaja de que no es tóxica en un amplio rango de concentraciones, no es degradado fácilmente por la luz o microorganismos y al ser insoluble en agua, permanece por mas tiempo en el sitio de aplicación donde puede ejercer un mayor efecto (MESÉN, 1998).

Las auxinas pueden ser aplicadas de varias formas, pero en general, los métodos mas utilizados son la aplicación en mezclas con talco neutro, la inmersión rápida en soluciones concentradas, remojo en soluciones acuosas diluidas y, exclusivamente para fines experimentales, la aplicación con microjeringas (MESÉN, 1998). La técnica de inmersión rápida consiste en introducir la base de la estaca en una solución concentrada de la auxina por pocos segundos e insertar inmediatamente la estaca en el medio de propagación (MESÉN, 1998). El método de tratamiento con solución concentrada tiene varias ventajas respecto a otros; elimina la necesidad de disponer de equipos para remojar las estacas y después volverlas a manejar para insertarlas en el medio de enraice. Además, es muy probable que se obtengan resultados mas uniformes debido a que las condiciones circundantes no influyen tanto en la absorción de la sustancia por las estacas como en los otros dos métodos (HARTMANN y KESTER, 1987).

### **C. Condiciones ambientales durante el enraizamiento**

#### **1. Efecto de la humedad**

En la atmósfera seca, hay un aumento en la evapotranspiración y las estacas pueden desecarse. Se precisa entonces una humedad relativa del aire alta en los comienzos del enraizado para reducir la

evapotranspiración y evitar el marchitamiento de los propágulos (Díaz, 1991 citado por NUÑEZ, 1997); ya que las hojas son en extremo sensible a cualquier pérdida de agua por evaporación, pérdida que no puede ser compensada con una absorción de agua por la parte baja de la estaca aunque esta este sumergida en el agua: los vasos conductores están, en efecto, parcialmente bloqueados por los mucílagos y los productos de oxidación que se forman en la superficie de corte (BRAUDEAU, 1981). La pérdida de agua es una de las principales causas de muerte de estacas antes de la formación de raíces, pues para que haya división celular, es necesario que las células del tejido de la estaca deban estar turgentes. Por tanto, el potencial de pérdida de agua en una estaca es muy grande, sea a través de las hojas o de las brotaciones en desarrollo, considerando que las raíces aun no están formadas. Eso se ve agravada cuando se trabajaron especies que exigen largo tiempo para formar raíces y que son utilizadas estacas con hojas y/o consistencia herbácea (Norberto, 1999 citado por TORRES, 2003).

La humedad del alrededor de las estacas tienen influencia en el estatus hídrico; la mayoría de los sistemas de propagación tienden a mantener un alto grado de saturación en la atmósfera a través del uso de coberturas de polietileno o a través del suministro de agua en minúsculas gotas, o aun, a través de la combinación de ambos métodos (Malavasi, 1994 citado por TORRES, 2003). El efecto más inmediato que se atribuye al déficit hídrico sobre la capacidad para enraizar, es el cierre estomático. Esto afecta la ganancia de carbohidratos por medio de la fotosíntesis, al reducir la difusión de dióxido de carbono a los cloroplastos. A su vez, relaciona el cierre estomático causado por deficiencia de agua, con el aumento en el contenido del ABA

(ácido abscísico), el cual ha sido considerado un inhibidor del enraizamiento (Loach, 1988 citado por NUÑEZ, 1997).

## **2. Efecto de la temperatura**

Las temperaturas del aire en excesivo elevadas tienden a estimular el desarrollo de las yemas con anticipación al desarrollo de las raíces y a aumentar la pérdida de agua por las hojas (HARTMANN y KESTER, 1987), hecho indeseable para la propagación, ocurre también el aumento de la transpiración, provocando necrosamiento (Fachinelo, 1986 citado por TORRES, 2003), aumentan la respiración de los tejidos, provocando un agotamiento de las reservas nutricionales mientras que bajas temperaturas reducen el proceso fotosintético (Carrera, 1977 citado por TORRES, 2003), y disminuyen el metabolismo de las estacas, llevando a un mayor tiempo para el enraizamiento o, incluso aun, no proporcionando condiciones adecuadas para que ocurra, desarrollo y crecimiento radicular (Xavier, 2002 citado por TORRES, 2003). Debido a que las temperaturas dependen del nivel de irradiación, el uso de sombra es una medida efectiva para prevenir un aumento en la temperatura del sustrato de enraizamiento y del aire que rodea las estacas (Leakey y Mesen, 1991 citados por NUÑEZ, 1997).

Las temperaturas bajas son importantes por dos razones: i) las tasas de evaporación son menores, y ii) la capacidad de retención de agua del aire es dependiente de la temperatura, por lo que temperaturas bajas ayudan a evitar el estrés hídrico al mantener la humedad relativa alta (Leakey *et al.*, 1990 citados por NUÑEZ, 1997). La temperatura del aire en torno a las estacas de cacao debe estar comprendida entre 27 y 29°C y no debe rebasar jamás los 30°C. La reducción de la iluminación permite limitar el calentamiento,

pero en días muy soleados es necesario hacer riegos regulares para refrescar la atmósfera de las camas de enraizamiento (BRAUDEAU, 1981).

### **3. Efecto de la luz**

La irradiancia, el fotoperíodo y la calidad de luz, cuyas necesidades son variables según la especie, deben ser adecuadas para mantener una tasa fotosintética que garantice suficiente producción de carbohidratos para la sobrevivencia de las estacas y la iniciación radicular sin comprometer el vigor vegetativo de las estacas, las cuales son variables con las especies (Xavier; 2002 citado por TORRES, 2003). Entretanto se debe evitar que las estacas sean expuestas a incidencia directa de los rayos solares, a fin de evitar la quema de los tejidos más tiernos (Ikemori, 1975; Valle, 1978 citados por TORRES, 2003).

Un incremento en la irradiación ha sido asociado con una reducción en el potencial osmótica producto de una alta acumulación de solutos y la consecuente pérdida de agua, causando la reducción en el enraizamiento de las estacas. A su vez, un aumento en la irradiación eleva la presión de vapor en la hoja, reduce la presión de vapor en el aire y causa un incremento en la pérdida de agua por las estacas (Loach, 1988 citado por NUÑEZ, 1997). El enraizamiento de las estacas con radiación solar por debajo del nivel óptimo esta limitado por la carencia de carbohidratos y suministro de auxinas a la base de la estaca. Por encima del óptimo, es posible que exista demasiada concentración de carbohidratos, fotodestrucción de las auxinas, cambios en las relaciones de agua y concentración de sustancias promotoras o inhibidoras del crecimiento (HARTMANN y KESTER, 1987). Por otra parte es mucho más difícil, en las condiciones de iluminación intensa, controlar las



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

#### **4. Medio de enraizamiento**

El factor más importante asociado con el medio de enraizamiento es la aireación (GUTIERREZ, 2003). Según Haissig (1986) citado por NUÑEZ (1997), la relación entre aire y agua en el medio de enraizamiento juega un papel importante en el éxito de la macropropagación, al influir en la disponibilidad de oxígeno que pueda haber en la base de la estaca, donde las raíces son formadas. Una atmósfera de suelo saturada, particularmente cuando carece de oxígeno, permite mucha pudriciones; un riego deficiente, y una concentración de oxígeno en el suelo muy alta conduce a la formación de callo en la base de la estaca y, en general, el crecimiento radical lento. Por todo esto, es importante la selección de los medios de enraizamiento para estacas de cacao (Evans, 1951 citado por LEAL *et al.*, 1994).

Avanzato y Cherubine (1993) citados por PEREIRA (2003), mencionan que el tamaño de las partículas también interfiere en el enraizamiento de las estacas; trabajando con sustratos de perlitas de diferentes granulometrías obtuvieron resultados significativamente superiores con mayor granulometría. Tal hecho está asociado con la mayor capacidad de retención de agua por la perlita de granulometría fina en detrimento de la aeración. En un estudio realizado en *Crytomeria japonica*, el número de raíces por estacas estuvo inversamente relacionado con el contenido volumétrico de agua en el

medio, sugiriendo que el exceso de agua actúa como barrera para la difusión del oxígeno (Loach, 1986 citado por NUÑEZ, 1997).

El medio de enraizamiento puede afectar el tipo de sistema radical que se originan de las estacas. Las estacas de algunas especies si se hacen enraizar en arena, producen raíces largas, no ramificadas, gruesas y quebradizas, pero cuando enraízan en una mezcla como arena y musgo turboso, o de perlita y musgo turboso, desarrollan raíces bien ramificadas, delgadas y flexibles, de un tipo mas apropiado para extraer y volver a plantar (HARTMANN y KESTER, 1987).

Salisbury (1991) citado por HENRIQUEZ (2004), señala que el crecimiento y morfología de las raíces sigue un control genético, pero también influye su entorno edáfico; en este mismo sentido Fitter (1996) citado por HENRIQUEZ (2004), señala que existen varios factores asociados al suelo como la humedad, que modifican el área de la superficie de la raíz, su sobrevivencia y desarrollo; ya que al parecer tiene un efecto en el alargamiento de las raíces, pero no en su diferenciación; además, afirma que varios factores como el nivel de oxígeno y textura del suelo, concentración de dióxido de carbono, luz y reguladores de crecimiento, también parecen ser importantes.

En cacao se ha encontrado buen enraizamiento con medios de origen orgánico (cascarilla de arroz o de café, aserrín fresco y descompuesto), pero la tendencia es a preferir medios inertes que con el tiempo no pierdan fácilmente la estructura y sean fáciles de conseguir, como la arena (Erickson, 1957 citado por GUTIERREZ, 2003).

## **2.5. Antecedentes de la propagación por estacas en cacao**

Los primeros trabajos sobre la propagación del cacao por medio de estacas fueron efectuados por Pike, en Trinidad a partir del año 1930 (BRAUDEAU, 1981; WOOD, 1982; FARIA y SACRAMENTO, 2003), siendo reexaminados por Evans (1951), quien puso en claro las condiciones para el éxito del enraizamiento (BRAUDEAU, 1981; WOOD, 1982). 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 (BRAUDEAU, 1981).

La mayoría de las selecciones de cacao Forasteros Amazónicos enraizan fácilmente (alrededor de 90%); en cuanto a los genotipos Criollos presentan de 60 – 70% de enraizamiento (Hall, 1963 citado por FARIA y SACRAMENTO, 2003). Mientras que muchos de los clones de ICS enraizan 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 producción de plantones de *Theobroma cacao* L. por estacas fue iniciada en el Brasil en la década del 50 (MARROCOS *et al.*, 2000). Entretanto con el lanzamiento de híbridos biclonales, al final de la década del 50, el plantío clonal fue sustituido por la reproducción seminal. Con la diseminación de la escoba de bruja (*Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer) en la región del sur de Bahía, a partir de 1989, se torno estratégica la sustitución de cacao susceptibles, de origen seminal, por plantas tolerantes, propagadas

vegetativamente por los métodos de injerto y estacas (FARIA y SACRAMENTO, 2003). Sin embargo, en gran escala, solamente fue iniciada en 1999 por el Instituto Biofabrica de Cacao (IBC), utilizando protocolo de producción de plántones eucaliptos de las empresas forestales, con adaptaciones a las condiciones morfofisiológicas del cacao (MARROCOS *et al.*, 2000; SODRE *et al.*, 2005).

MESTANZA (1981), evaluó el efecto del Cycocel 500 A y el Ferban en el enraizado de estacas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tingo María, en dosis de 1000, 2000 y 4000 ppm en tiempos de 30, 60 y 90 minutos respectivamente, los cuales dieron resultado negativo en el enraizamiento de estacas de cacao.

Evans (1951) citado por LEAL *et al.* (1994), menciona que los mejores enraizamiento con estacas de cacao de ramas terminales en abanico, de madera semileñosa se obtuvieron con AIB, a concentraciones que oscilan entre 4000 a 6000 ppm. Asimismo LEAL *et al.* (1994), en un experimento conducido en un propagador de neblina, con sombreado de 50%, utilizando como sustrato arena, cáscara de arroz, aserrín de coco (1:1:2) obtuvo los mejores porcentajes de enraizamiento con estacas jóvenes, y con concentraciones de AIB de 6000 ppm, en el cultivar de cacao "Ocumare 77".

Las estacas de los clones de cacao tolerantes a escoba de bruja, lanzados por las investigaciones, fueron estudiadas utilizando estacas herbáceas y semileñosas de ramas plagiotrópicas, en las concentraciones de 4000, 6000 y 8000 mg.kg<sup>-1</sup> de ácido indolbutírico (AIB), habiendo obtenido índices de enraizamiento superiores a 70% para los clones CEPEC 42, TSH

516 y TSH 565 y inferiores a 55% para el clon TSH 1188 (Sena-Gomes *et al.*, 1998 citados por FARIA y SACRAMENTO, 2003).

En la Biofábrica de Cacao, localizada en Ilheus- Bahia-Brasil, más de 15000 estacas de cacao son colocadas diariamente para enraizar, valiéndose de la concentración única de 6000 mg.kg<sup>-1</sup> de (AIB); conducido en cámara de nebulización intermitente, con luminosidad de 50% y utilizando como sustrato Plantmax<sup>1/</sup> y fibra de coco triturada en proporción (1:1). Así mismo en un experimento, siguiendo los procedimientos de la Biofabrica de Cacao (Brasil) se utilizó estacas apicales herbáceas de cacao, clones, CEPEC 42, TSH 516, TSH 1188, presentaron índices satisfactorios de sobrevivencia y enraizamiento, independientemente de la aplicación de la dosis de 0 ó 6000 mg.kg<sup>-1</sup> de AIB. Con excepción del, índice de sobrevivencia y materia seca de las raíces en las estacas del clon CEPEC 42, y materia seca de la parte aérea del clon TSH 1188; la aplicación de 6000 mg/kg de AIB provocó aumento en todas las variables evaluadas (índice de sobrevivencia y enraizamiento, número de raíces de primer orden, materia seca de las raíces y materia seca de la parte aérea) para todos los clones estudiados (FARIA y SACRAMENTO, 2003).

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

---

<sup>1/</sup> Plantmax, es un sustrato comercial a base de cáscara de pino, turba, vermiculita expandida y carbón molido, cuyas proporciones no están especificadas por el fabricante.

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).

PAREDES *et al.* (2004), realizó un experimento en Republica Dominicana, evaluando sustratos en el enraizamiento de estacas de cacao. Las estacas se obtuvieron de ramas terminales jóvenes, con 4 a 5 hojas, tomadas en horas de la mañana (6:00 a.m). A cada ramilla se les cortaron las hojas a la mitad y se dio un corte de bisel a la base. Se introdujeron en una solución de benomil al 1%. En el corte basal se aplicó ácido alfa-naftalenacético en polvo al 0.4%. Las bolsas se colocaron en una estructura de bambú en forma de caballete, de 50 cm de altura en el centro y 25 cm en ambos lados. Se cubrieron con plástico transparente para formar una cámara húmeda. Los caballetes se colocaron en el vivero con un sarán al 75% de sombra. Se aplicó riego a los 15 y 35 días. A los 63 días se retiró la cobertura plástica, dejando las plántulas bajo el sarán para aclimatarlas. Los sustratos en los cuales se logro mayor enraizamiento y prendimiento de las estacas, fueron suelo+aserrín (1:1); suelo; aserrín, con 36.7%, 26.4%, 17.6% de enraizamiento respectivamente. El suelo utilizado fue de textura franco arcilloso arenoso.

En un experimento efectuado por LAMA (2006), se evaluó el efecto del AIB y el humus de lombriz en el enraizado de estacas de dos clones de cacao en Tingo Maria, encontrando como mejor sustrato arena+tierra 1:1; así mismo el clon ICS-95 supero al clon CCN-51 en mayor porcentaje de estacas enraizadas (55.56% y 33.3% respectivamente), bajo la aplicación de AIB a 3000 mg.Kg<sup>-1</sup>.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Campo experimental

##### 3.1.1 Ubicación

El presente trabajo se realizó en el fundo agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado en el distrito de Rupa-Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco; cuyas coordenadas UTM son: N 8969787, E 0390689, y una altitud media de 660 msnm.

##### 3.1.2 Condiciones climáticas

**Cuadro 1.** Datos climáticos de abril a agosto del 2006, correspondiente al periodo experimental.

Meses	Temperatura (°C)			Humedad	Precipitación
	Mínima	Máxima	Media	Relativa (%)	(mm)
Abril	20.6	30.3	25.4	83	277.7
Mayo	19.7	29.6	24.6	82	100.2
Junio	19.9	29.3	24.6	84	123.5
Julio	18.9	30.4	24.6	81	71.1
Agosto	20.0	30.3	25.1	81	118.3

FUENTE: Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones - Tingo María

### 3.1.3 Análisis del sustrato

**Cuadro 2.** Análisis físico – químico de los sustratos en estudios.

Parámetro	Sustratos		Métodos
	Tierra+arena 2:1 +nucleo de arena (a <sub>1</sub> )	Tierra +arena +cascarilla de arroz 1:1:1 (a <sub>2</sub> )	
Ao (%)	71	75	Hidrômetro
Li (%)	5	5	Hidrômetro
Ar (%)	24	20	Hidrômetro
Clase textural	Fo. Ao	Fo. Ao	Triángulo textural
pH (1:1)	6.6	7.5	Potenciómetro
CO <sub>3</sub> Ca (%)	1.5	1.6	Gasó - volumétrico
% humedad <sup>1</sup>	30.11	31.03	Gravimétrico
% porosidad	61.83	58.89	Probeta
Materia orgánica (%)	3.8	3.6	Walkley y Black
Nitrógeno (%)	0.17	0.16	%N = % M.O. x 0.045
Fósforo (P) (ppm)	9.7	10	Olsen modificado
Potasio (K <sub>2</sub> O kg/ha)	321	298	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 6N
CIC (me/100 g suelo)	5.46	5.2	Acetato de amonio 1N
Ca (me/100 g suelo)	3.6	3.2	Absorción Atómica
Mg (me/100 g suelo)	1.0	0.8	Absorción Atómica
K (me/100 g suelo)	0.8	0.6	Absorción Atómica
Na (me/100 g suelo)	0.06	0.06	Absorción Atómica

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

<sup>1</sup> La medición del porcentaje de humedad de los sustratos se realizó al final del experimento,



### **3.1.4 Características del vivero**

El experimento se instaló en el vivero del fundo agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, el cual se encuentra en un área de topografía plana. El sombreamiento del vivero fue con bambú y sobre la cual se colocó una malla negra; la altura de sombra fue de 1.80 m.

## **3.2 Componentes en estudio**

### **3.2.1 Material vegetativo**

- Estacas de cacao clon CCN - 51

### **3.3.2 Tipos de sustrato (A)**

$a_1$  = tierra + arena (2:1) + núcleo de arena

$a_2$  = tierra + arena + cascarilla de arroz (1:1:1)

### **3.2.3. Dosis de ácido indolbutírico (B)**

$b_0$  = 0 ppm

$b_1$  = 3000 ppm

$b_2$  = 6000 ppm

$b_3$  = 9000 ppm

### 3.3. Tratamientos en estudio

**Cuadro 3.** Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamiento	Clave	Sustrato	Nivel de AIB
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	Tierra+arena (2:1)+núcleo de arena	0 ppm
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	Tierra+arena (2:1)+núcleo de arena	3000 ppm
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	Tierra+arena (2:1)+núcleo de arena	6000 ppm
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	Tierra+arena (2:1)+núcleo de arena	9000 ppm
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz (1:1:1)	0 ppm
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz (1:1:1)	3000 ppm
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz (1:1:1)	6000 ppm
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz (1:1:1)	9000 ppm

### 3.4. Diseño experimental

Para el presente trabajo de investigación se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial 2A x 4B con 3 bloques.

#### 3.4.1. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varphi_k + \epsilon_{ijk}$$

**Donde:**

$Y_{ijk}$  = Es la respuesta obtenida en la unidad experimental correspondiente al k-ésimo bloque a la cual se le aplicó el i-ésimo nivel del factor A, con el j-ésimo nivel del factor B.

- $\mu$  = Es el efecto de la media general
- $\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A.
- $\beta_j$  = Efecto del j-ésimo nivel del factor B.
- $(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor A con j-ésimo nivel del factor B.
- $\phi_k$  = Efecto del k-ésimo bloque.
- $\epsilon_{ijk}$  = Es la variación del error asociado con las  $ijk$  unidades.

**Para:**

$i = 1, 2$  niveles del factor A.

$j = 1, 2, 3, 4$  niveles del factor B.

$k = 1, 2, 3$  bloques.

### 3.4.2. Análisis de variancia

**Cuadro 4.** Esquema del análisis de variancia.

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>GL</b>
Bloque	2
Tratamiento	7
A (Tipo de sustrato)	1
B (Dosis de AIB)	3
AxB	3
Error experimental	14
<b>Total</b>	<b>23</b>

### **3.5 Disposición experimental**

#### **Dimensiones del vivero.**

Ancho	2.5 m.
Largo	5.5 m.
Área total	13.75 m <sup>2</sup>

#### **Estacas**

Número de bloque	3
Número de estacas/bolsa	1
Número de estacas/parcela	15
Número de estacas/bloque	120
Número de total de estacas	360
Distanciamiento entre estacas	0.09 m.

### **3.6 Ejecución del experimento**

#### **3.6.1 Obtención y preparación del sustrato**

La tierra agrícola se obtuvo del fundo agrícola - UNAS, la arena del río Huallaga, asimismo la cascarilla de arroz se obtuvo de la piladora del Fundo I – UNAS.

El llenado del sustrato se hizo en bolsas de polietileno de color negro de 24x14 cm. Para el presente trabajo se utilizó dos tipos de sustrato; el primer sustrato corresponde a una mezcla de tierra+arena a una proporción (2:1) más núcleo de arena. Primero se procedió a llenar con la mezcla 2:1 a la bolsa de polietileno hasta 2 cm por debajo del borde, luego se hizo un hoyo de 5 cm de profundidad, por 2 cm de diámetro al cual se llenó con arena, hasta el borde de la bolsa (el cual se denomina núcleo de arena). El segundo sustrato

corresponde a una mezcla de tierra+arena+cascarilla de arroz, en una proporción (1:1:1) el cual se llenó a la bolsa hasta el borde. Luego de que las bolsas estuvieran llenas con el sustrato y una semana antes de plantar las estacas se procedió a la desinfección del sustrato para lo cual se utilizó pentacloronitrobenceno (20 g/L/m<sup>2</sup>), que se aplicó en forma de riego.

### **3.6.2 Preparación de las camas de enraizado**

Las labores que se realizó en esta área de propagación son: nivelado y relleno de la base con 10 cm de grava y arena para drenar el exceso de agua y sobre esta superficie se colocaron las bolsas de polietileno del sustrato.

### **3.6.3 Construcción de la cubierta**

La estructura del propagador fue de bambú de 65 cm de altura en el centro y 50 cm de altura en ambos lados (borde de la cama), sobre el cual se cubrió con un plástico transparente para formar una cámara húmeda.

### **3.6.4 Obtención y preparación de las estacas**

Las plantas madres para la obtención de las estacas fueron de una plantación de cacao del clon CCN-51, ubicada en la localidad de Afilador, de 6 – 7 años de edad. El recojo de las estacas se inicio a las seis de la mañana. No se utilizaron la parte apical, tierna, solo la parte sub-apical de las ramas que presentaron una coloración parda. Una vez obtenidas las estacas se procedió a la uniformización de tamaño a 20 cm de longitud y de 6 a 7 mm de diámetro aproximadamente, con 3 hojas por estacas, las hojas fueron cortadas, se dejó un tercio de hoja.

### **3.6.5 Preparación y aplicación del ácido indolbutírico**

La auxina utilizada fue el ácido indol-3-butírico (Figura 13, Anexo) químicamente pura de la marca SIGMA (Suiza). Para preparar 100 ml de solución a 3000 ppm de AIB se procedió de la siguiente manera: se peso 300 mg de AIB (600 mg para 6000 ppm y 900 mg para 9000 ppm de AIB), luego se disolvió el AIB en 50 ml de alcohol al 96% y seguidamente se enrazó a 100 ml con agua destilada. Para la aplicación del AIB se procedió a la inmersión de la parte basal de las estacas unos 3 cm en la solución por 3 segundos, para luego ser plantadas en el sustrato.

### **3.6.6 Plantación de las estacas en el sustrato**

Un día antes de la plantación de las estacas se dio un riego ligero al sustrato. Para la plantación de las estacas se hizo con un palo de punta aguda un hoyo en el sustrato de 5 cm de profundidad y 1 cm de diámetro, luego se plantaron las estacas y se apretó el sustrato contra las estaca para que no exista vacíos alrededor de la estaca. Después de colocadas las estacas en las camas se hizo un riego superficial para humedecer las hojas de las estacas y se colocó la cubierta de plástico transparente y se cerró los bordes con tierra.

### **3.6.7 Proceso de aclimatación**

Se inició a los 50 días de instalado el experimento, esta operación se realizó por 11 días, abriendo la cubierta por media hora el primer día, una hora el segundo día y aumentando en una hora a partir de tercer día.

Se observó que al iniciar la aclimatación la mayoría de las estacas tenían hojas, progresivamente con la aclimatación se observó el amarillamiento

de las hojas y posteriormente caída de hojas y muerte de las estacas que no lograron enraizar.

### **3.6.8 Labores culturales**

**Riego:** Se realizó riegos ligeros del sustrato a los 30 y 50 días de instalado; después de los 50 días hasta los 60 días se hizo riegos superficiales para humedecer las hojas conjuntamente con la aclimatación (retiro progresivo del plástico transparente). Asimismo se realizó 2 riegos diarios durante los 30 primeros días al exterior del propagador en las horas más calurosas, para bajar la temperatura del ambiente.

**Control fitosanitario:** se aplicó en forma preventiva oxiclورو de cobre al 1.5 por mil a los 30 días, y BENOMIL al 1 por mil a los 50, 80 y 110 días. Se observó la presencia de *Fusarium sp.* en estacas enraizadas muertas.

**Fertilización foliar:** se aplicó fertilizante foliar (20-20-20) a los 70, 90 y 110 días.

## **3.7. Evaluaciones a registrar**

### **3.7.1 Número de estacas enraizadas**

Se evaluó al final del experimento a los 120 días, contándose el número de estacas enraizadas en base a un total de 12 estacas por tratamiento y por repetición.

### **3.7.2 Número de raíces por estaca**

Se registro el número de raíces por estacas (raíz mayor a 0.5 cm) a los 120 días de 3 plantas por tratamiento y repetición.

### **3.7.3 Longitud de raíz**

Se midió la longitud de la raíz mas larga por estaca de las de las 3 plantas seleccionas por tratamiento y repetición. Se trabajó con el promedio para el análisis estadístico.

### **3.7.4 Volumen de raíces por estaca**

El volumen radicular de las 3 plantas se midió por el desplazamiento de agua que se produjo al sumergir las raíces en probetas graduadas. Para el análisis estadístico se considero el volumen promedio.

### **3.7.5 Materia seca de raíces por estaca**

La evaluación se realizó luego del registro del volumen radicular, las raíces fueron puestas en estufa a 60°C por 48 horas. Para el análisis estadístico se consideró el peso promedio de las 3 plantas.

### **3.7.6 Área foliar por estaca**

La evaluación se realizó a los 120 días de instaladas las estacas; todas las hojas de los brotes fueron evaluadas, de 3 estacas por tratamiento y bloque. El método seguido fue el de dibujar las hojas en el papel y pesarlas en una balanza de precisión, luego pesar 100 cm<sup>2</sup> del papel y relacionarlo. Se utilizó el promedio para el análisis estadístico.

### **3.7.7 Materia seca de brotes por estaca**

Se evaluó 3 plantas, los brotes fueron puestas en estufa a 60°C por 48 horas. El peso se registro en una balanza de precisión. Se utilizó el promedio para el análisis estadístico



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Número de estacas enraizadas

Para el carácter número de estacas enraizadas, no se pudo probar diferencias estadísticas significativas para las fuentes de variación: tipos de sustrato, y para la interacción AxB (tipos de sustrato por dosis de ácido indolbutírico). Sin embargo, en la fuente de variación dosis de ácido indolbutírico (B), si se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas, para el carácter número de estacas enraizadas (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Análisis de variancia del número de estacas enraizadas evaluado a los 120 días. Datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio
Bloque	2	2.3843 <b>AS</b>
Tratamiento	7	0.7509 <b>AS</b>
A (Tipo de sustrato)	1	0.0095 <b>NS</b>
B (Dosis de AIB)	3	1.6073 <b>AS</b>
AxB	3	0.1415 <b>NS</b>
Error experimental	14	2.3843
Total	23	
C.V.		17.13%

NS No existe diferencia estadística.

S Significación estadística al 5% de probabilidad.

AS Significación estadística al 1% de probabilidad.

De acuerdo con la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el factor principal tipo de sustrato (A) (Cuadro 6), el número de estacas enraizadas no fue afectado por el tipo de sustrato, es decir,  $a_2$  (tierra+arena+cascarilla de arroz

1:1:1) con un promedio de 3.67 estacas enraizadas no se diferenciaron estadísticamente de  $a_1$  (tierra + arena 2:1 + núcleo de arena) con 3.42 estacas enraizadas, en promedio de las dosis de AIB estudiadas. El comportamiento similar se debe probablemente a que ambos sustratos presentan propiedades físicas (textura) similares, franco arenoso, según el análisis de suelo (Cuadro 2). El factor más importante asociado con el medio de enraizamiento es la aireación (GUTIERREZ, 2003). Según Haissig (1986) citado por NUÑEZ (1997), la relación entre aire y agua en el medio de enraizamiento juega un papel importante en el éxito de la macropropagación, al influir en la disponibilidad de oxígeno que pueda haber en la base de la estaca, donde las raíces son formadas. En cacao se ha encontrado buen enraizamiento con medios de origen orgánico (cascarilla de arroz o de café, aserrín fresco y descompuesto), pero la tendencia es a preferir medios inertes que con el tiempo no pierdan fácilmente la estructura y sean fáciles de conseguir, como la arena (Erickson, 1957 citado por GUTIERREZ, 2003).

En cuanto a la prueba de Duncan (Cuadro 6) para el efecto principal dosis de ácido indolbutírico (B), se puede indicar que en promedio de los sustratos estudiados la dosis  $b_2$  (6000 ppm) presentó el valor más alto numéricamente con 4.83 estacas enraizadas, no diferenciándose estadísticamente de  $b_3$  (9000 ppm) con 4.50 estacas enraizadas y tampoco se diferenciaron estadísticamente de  $b_1$  (3000 ppm) con 4.17 estacas enraizadas; sin embargo estas tres dosis de AIB si se diferenciaron estadísticamente del nivel  $b_0$  (0 ppm) con 0.67 estacas enraizadas. Se puede observar que según estos resultados (Cuadro 6 y Figura 1) la dosis adecuada para la obtención de mayor número de estacas enraizadas es de 6000 ppm de AIB. Esto se corrobora con los resultados obtenidos por FARIA y SACRAMENTO (2003) en la Biofábrica

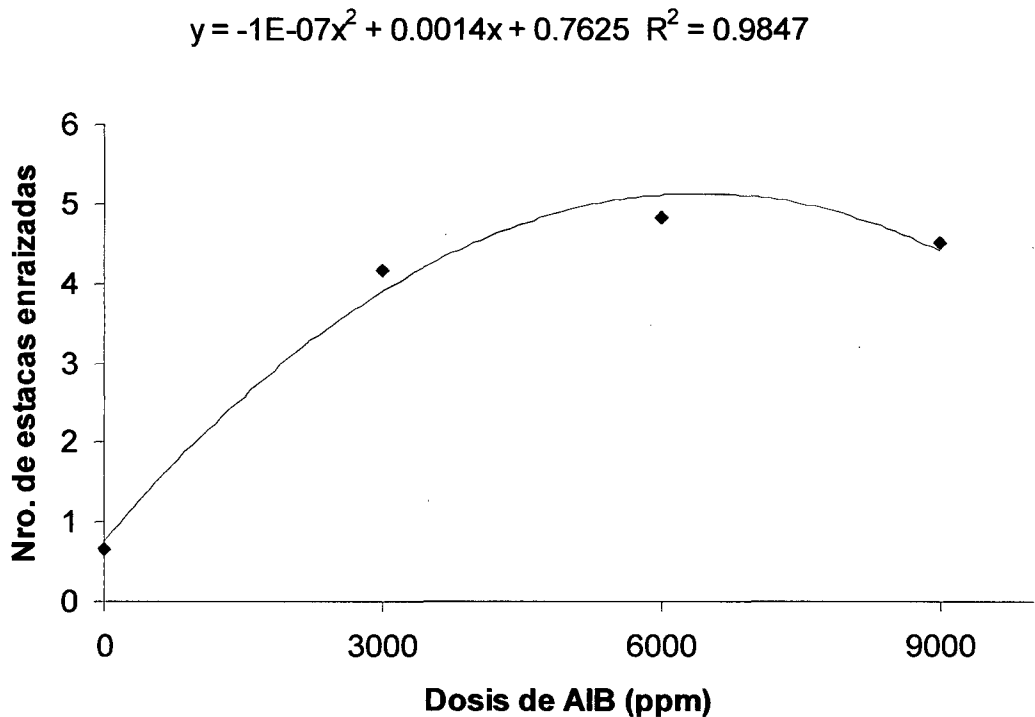
de Cacao, localizada en Ilheus- Bahia-Brasil, donde las estacas de cacao son colocadas para enraizar, valiéndose de la concentración única de AIB 6000 mg.kg<sup>-1</sup>. Asimismo LEAL *et al.* (1994), menciona que para el cultivar de cacao “Ocumare”, los mejores porcentajes de enraizamiento, se obtiene con estacas jóvenes, y con concentraciones de AIB de 6000 ppm. (Leakey *et al.*, 1982 citados por NUÑEZ 1997) mencionan que con respecto a las auxinas, ha sido bien documentado el efecto que tienen las mismas en promover el desarrollo de raíces adventicias en la base de la estaca, por medio de la capacidad de promover la iniciación de primordios radicales y de transportar carbohidratos y co-factores a la base de la estaca. Dichos efectos se pudieron observar en el mayor número de estacas enraizadas en los tratamientos que se aplicaron AIB.

**Cuadro 6.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente al número de estacas enraizadas.

Factores	Nro. de estacas enraizadas		
<b>Tipo de sustratos (A)</b>			
a <sub>2</sub> Tierra+arena+cascarilla de arroz (1:1:1)	3.67	(1.989) <sup>1/</sup>	a
a <sub>1</sub> Tierra+arena (2:1) + núcleo de arena	3.42	(2.029)	a
<b>Dosis de AIB (B)</b>			
b <sub>2</sub> 6000 ppm	4.83	(2.345)	a
b <sub>3</sub> 9000 ppm	4.50	(2.305)	a
b <sub>1</sub> 3000 ppm	4.17	(2.144)	a
b <sub>0</sub> 0 ppm	0.67	(1.244)	b

<sup>(1/)</sup> Datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Promedios unidos por letras iguales no difieren entre si.



**Figura 1.** Diagrama de dispersión entre dosis de ácido indolbutírico (AIB) y número de estacas enraizadas con una curva de ajuste que aproxima la relación entre estas variables.

Para tratamientos de acuerdo a la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) (Cuadro 7 y Figura 2) se puede observar que el tratamiento T<sub>7</sub> (Tierra+arena+casca de arroz 1:1:1; 6000 ppm AIB) fue el que superó numéricamente a los demás tratamientos con un promedio de 5.33 estacas enraizadas, equivalente a 44.4% de estacas enraizadas (Cuadro 36, Anexo). El porcentaje de enraizamiento de estacas del clon CCN-51 alcanzado en este experimento han sido bajos; según Leakey (1987) citado por GUTIERREZ (2003), un buen sistema de enraizamiento se considera cuando es superior al 70%, sin embargo FARIA y SACRAMENTO (2003), obtuvieron 100% de enraizamiento en la Biofabrica de Cacao (Bahia - Brasil) utilizando estacas apicales del clon CEPEC 42, utilizando riego automatizado. En ambos casos (Ecuador - Brasil), las estacas

son provenientes de jardines clonales, lo que asegura una buena calidad de las estacas. Varios factores pueden contribuir para el aumento del porcentaje de enraizamiento de las estacas, incluyendo la consistencia de la estaca, época de colecta, cuidados durante la preparación de las estacas y tiempo entre la colecta y la colocación en el sustrato (FARIA y SACRAMENTO, 2003).

**Cuadro 7.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales (A) y (B) en el número de estacas enraizadas evaluado a los 120 días.

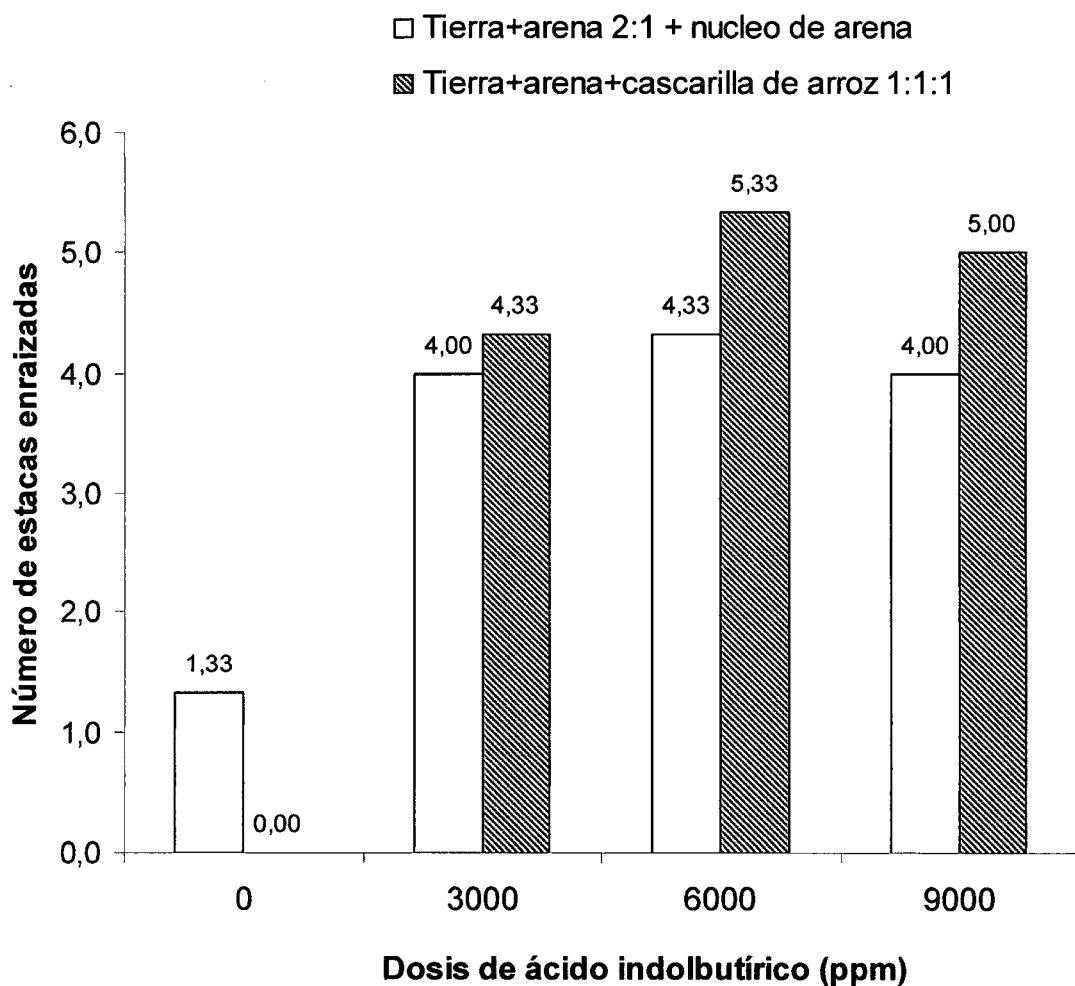
<b>Trat.</b>	<b>Descripción de tratamientos</b>	<b>Nro. de estacas enraizadas</b>		
T <sub>7</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz 1:1:1; 6000 ppm AIB	5.33	(2.414) <sup>1/</sup>	a
T <sub>8</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz 1:1:1; 9000 ppm AIB	5.00	(2.394)	a
T <sub>6</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz 1:1:1; 3000 ppm AIB	4.33	(2.150)	a
T <sub>3</sub>	Tierra+arena 2:1+núcleo de arena; 6000 ppm AIB	4.33	(2.276)	a
T <sub>2</sub>	Tierra+arena 2:1+núcleo de arena; 3000 ppm AIB	4.00	(2.138)	a b
T <sub>4</sub>	Tierra+arena 2:1+núcleo de arena; 9000 ppm AIB	4.00	(2.215)	a b
T <sub>1</sub>	Tierra+arena 2:1+núcleo de arena; 0 ppm AIB	1.33	(1.488)	b c
T <sub>5</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz 1:1:1; 0 ppm AIB	0.00	(1.000)	c

<sup>(1/)</sup> Datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Promedios unidos por letras iguales no difieren entre si.

Es necesario aclarar que se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre bloques; probablemente estas diferencias se debieron a que el bloque I, recibió mayor luminosidad en comparación con los bloques II y III. El enraizamiento de las estacas con radiación solar por debajo del nivel óptimo esta limitado por la carencia de carbohidratos y suministro de auxinas a la base de la estaca (HARTMANN y KESTER, 1987).

Existen otros factores que afectan el enraizamiento entre ellos la temperatura, a condiciones del experimento se midió una temperatura máxima de 29°C al exterior del propagador, el cual se considera alta ya que provoco que a partir de los 30 días se observara la emergencia de brotes en las estacas, lo cual es indeseable si las estacas aun no han emitido raíces, ya que provoca mayor perdida de agua por transpiración y posterior necrosamiento del brote, asimismo, a mayor temperatura mayor respiración de las células por lo tanto mayor consumo de energía (carbohidratos), perjudicando la formación de raíces.



**Figura 2.** Número de estacas enraizadas en dos tipos de sustrato y tres dosis de ácido indolbutírico (AIB).

#### 4.2. Número de raíces por estaca

En los resultados mostrados en el análisis de variancia (Cuadro 8) se puede deducir que para la fuente de variación tipo de sustratos (A) y la interacción (AxB) no se pudo probar diferencias estadísticas significativas para el carácter número de raíces; sin embargo, existe significancia estadística: al 1% de probabilidad para la fuente de variación dosis de ácido indolbutírico (B).

**Cuadro 8.** Análisis de variancia del número de raíces por estaca, evaluado a los 120 días. Datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	
Bloque	2	0.8835	<b>S</b>
Tratamiento	7	3.1200	<b>AS</b>
A (Tipo de sustrato)	1	0.1305	<b>NS</b>
B (Dosis de AIB)	3	6.6412	<b>AS</b>
AxB	3	0.5954	<b>NS</b>
Error experimental	14	0.2145	
<b>Total</b>	<b>23</b>		
<b>C.V</b>		<b>17.43%</b>	

NS No existe diferencia estadística.

S Significación estadística al 5% de probabilidad.

AS Significación estadística al 1% de probabilidad.

De acuerdo con la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) (Cuadro 9) para el efecto principal tipo de sustratos (A) se puede observar que el sustrato  $a_2$  (tierra+arena+cascarilla de arroz, 1:1:1) fue numéricamente superior en el número de raíces por estaca (8.13), en promedio de las dosis de AIB estudiadas pero no se diferenció estadísticamente del sustrato  $a_1$  (tierra+arena, 2:1 + núcleo de arena) con 6.21 raíces por estaca. Estos resultados muestran

que en ambos sustratos  $a_2$  y  $a_1$  se ha obtenido un alto número de raíces por estacas. Leakey (1985) citado por GUTIERREZ (2003), menciona que es deseable que las estacas tengan muchas raíces, pero tres raíces bien ramificadas y distribuidas alrededor de las estacas son suficientes. En un estudio realizado en *Crytomeria japonica*, el número de raíces por estacas estuvo inversamente relacionado con el contenido volumétrico de agua en el medio, sugiriendo que el exceso de agua actúa como barrera para la difusión del oxígeno (Loach, 1986 citado por NUÑEZ, 1997).

En cuanto a los efectos del factor dosis de ácido indolbutírico (B) en el número de raíces por estaca (Cuadro 9) se puede indicar que en promedio de los sustratos estudiados la dosis  $b_3$  (9000 ppm) presentó 11.92 raíces por estaca, no diferenciándose estadísticamente de  $b_2$  (6000 ppm) con 10.50 raíces por estaca, sin embargo superaron estadísticamente a la dosis  $b_1$  (3000 ppm) con 5.50 raíces por estaca, y este a su vez se diferenció estadísticamente de  $b_0$  (0 ppm) el cual causó menor efecto en el número de raíces por estaca (0.75). Asimismo existe tendencia a retrasarse el inicio del enraizamiento cuando no se aplicó el AIB, ya que se observó la presencia de raíces a partir de los 30 a 50 días sólo en las estacas tratadas con AIB ( $T_4$ ,  $T_7$  y  $T_8$ ) (Figura 10, Anexo). Existe un efecto directo de las auxinas en cuanto a la división celular y la elongación, así como en un aumento en el transporte de carbohidratos y cofactores foliares a la base de la estaca, donde se llega a promover el desarrollo y formación del primordio inicial (Haissig, 1974 citado por NUÑEZ, 1997). Una de las funciones de los carbohidratos en algunas especies es el de producir un incremento en el número de raíces por estacas (Veierskov *et al.*, 1982 citados por NUÑEZ, 1997).



**Cuadro 9.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente al número de raíces por estaca evaluado a los 120 días.

Factores	Número de raíces por estaca		
<b>Tipo de sustratos (A)</b>			
a <sub>2</sub> Tierra+arena+cascarilla de arroz (1:1:1)	8.13	(2.731) <sup>1/</sup>	a
a <sub>1</sub> Tierra+arena (2:1) + núcleo de arena	6.21	(2.583)	a
<b>Dosis de AIB (B)</b>			
b <sub>3</sub> 9000 ppm	11.92	(3.583)	a
b <sub>2</sub> 6000 ppm	10.50	(3.348)	a
b <sub>1</sub> 3000 ppm	5.50	(2.430)	b
b <sub>0</sub> 0 ppm	0.75	(1.267)	c

<sup>(1/)</sup> Datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Promedios unidos por letras iguales no difieren entre si.

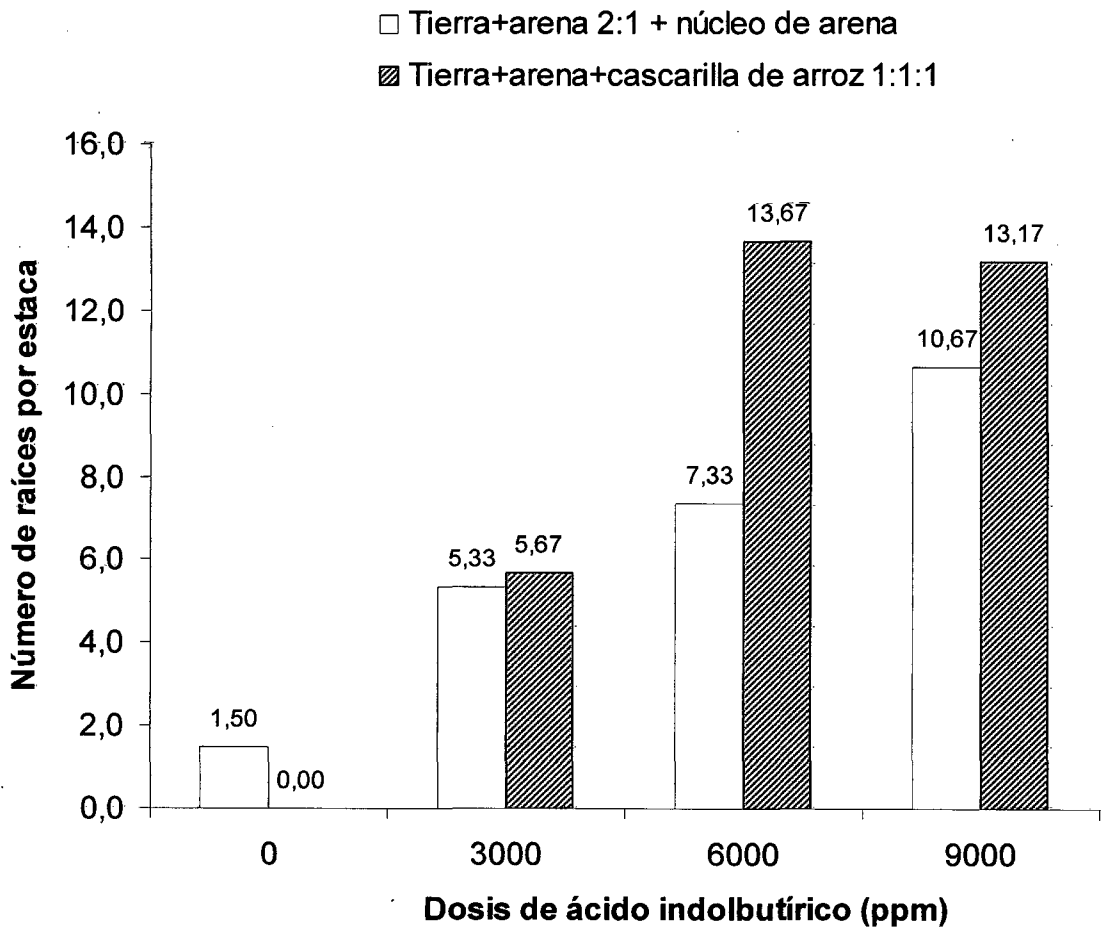
En la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para tratamiento (Cuadro 10, Figura 3) los mejores tratamientos fueron T<sub>7</sub> (Tierra + arena + cascarilla de arroz ,1:1:1; 6000 ppm AIB), T<sub>8</sub> (Tierra+arena+cascarilla de arroz 1:1:1; 9000 ppm AIB) y T<sub>4</sub> (Tierra+arena 2:1+núcleo de arena; 9000 ppm AIB) diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos, siendo T<sub>1</sub> (Tierra+arena 2:1+núcleo de arena; 0 ppm AIB) y T<sub>5</sub> (Tierra+arena + cascarilla de arroz 1:1:1; 0 ppm AIB) los de menor promedios, según los resultados obtenidos, el número de raíces por estacas está influenciado por la aplicación de ácido indolbutírico, independientemente de tipo de sustrato.

**Cuadro 10.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales (A) y (B), en el número de raíces por estaca evaluado a los 120 días.

<b>Trat.</b>	<b>Descripción de tratamientos</b>	<b>Nro. de raíces por estaca</b>	
T <sub>7</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz 1:1:1; 6000 ppm AIB	13.67 (3.807) <sup>1/</sup>	a
T <sub>8</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz 1:1:1; 9000 ppm AIB	13.17 (3.763)	a
T <sub>4</sub>	Tierra+arena 2:1+núcleo de arena; 9000 ppm AIB	10.67 (3.403)	ab
T <sub>3</sub>	Tierra+arena 2:1+núcleo de arena; 6000 ppm AIB	7.33 (2.890)	bc
T <sub>6</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz 1:1:1; 3000 ppm AIB	5.67 (2.353)	c
T <sub>2</sub>	Tierra+arena 2:1+núcleo de arena; 3000 ppm AIB	5.33 (2.507)	c
T <sub>1</sub>	Tierra+arena 2:1+núcleo de arena; 0 ppm AIB	1.50 (1.533)	d
T <sub>5</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz 1:1:1; 0 ppm AIB	0.00 (1.000)	d

<sup>(1/)</sup> Datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Promedios unidos por letras iguales no difieren entre si.



**Figura 3.** Número de raíces por estaca en dos tipos de sustrato y tres dosis de ácido indolbutírico (AIB).

### 4.3 Longitud de raíz

Del análisis de variancia (Cuadro 11) se observa, que la longitud de raíz esta influenciada por el factor principal tipo de sustrato (A) en forma significativa y que la longitud de raíz también responde a las diferentes dosis de ácido indolbutírico (B) en forma independiente, altamente significativa. Así mismo no existe significancia estadística en la interacción AxB, (tipo de sustrato por dosis de ácido indolbutírico).

**Cuadro 11.** Análisis de variancia de la longitud de raíz evaluado a los 120 días. Datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	
Bloque	2	3.5804	<b>NS</b>
Tratamiento	7	5.9845	<b>AS</b>
A (Tipo de sustrato)	1	7.2490	<b>S</b>
B (Dosis de AIB)	3	9.0754	<b>AS</b>
AxB	3	2.4721	<b>NS</b>
Error experimental	14	1.1832	
Total	23		
C.V.		25.92%	

NS No existe diferencia estadística.

S Significación estadística al 5% de probabilidad.

AS Significación estadística al 1% de probabilidad.

En la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) de los efectos principales tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) (Cuadro 12) se puede observar:

El sustrato  $a_1$  (tierra+arena 2:1+núcleo de arena) fue el que mejor efecto causó en la longitud de raíz con 22.87 cm en promedio de las dosis de AIB estudiadas, superando estadísticamente al sustrato  $a_2$  (tierra +arena +cascarilla de arroz, 1:1:1) con 15.82 cm.

Que la dosis de ácido indolbutírico  $b_3$  (9000 ppm) alcanzó una longitud de raíz de 24.32 cm; no diferenciándose estadísticamente de la dosis  $b_2$  (6000 ppm) con 23.62 cm, tampoco de  $b_1$  (3000 ppm) con 20.78 cm, sin embargo estas tres dosis de ácido indolbutírico difieren significativamente de  $b_0$  (0 ppm) con 8.67 cm de longitud de raíz, en promedio de los sustratos estudiados.

**Cuadro 12.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente a la longitud de raíz evaluado a los 120 días.

<b>Factores</b>	<b>Longitud de raíz (cm)</b>		
<b>Tipo de sustratos (A)</b>			
$a_1$ Tierra+arena (2:1) + núcleo de arena	22.87	(4.747) <sup>1/</sup>	a
$a_2$ Tierra+arena+cascarilla de arroz (1:1:1)	15.82	(3.648)	b
<b>Dosis de AIB (B)</b>			
$b_3$ 9000 ppm	24.32	(5.025)	a
$b_2$ 6000 ppm	23.62	(4.958)	a
$b_1$ 3000 ppm	20.78	(4.405)	a
$b_0$ 0 ppm	8.67	(2.400)	b

<sup>(1/)</sup> Datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

La respuesta positiva del sustrato  $a_1$  (Tierra+arena, 2:1 + núcleo de arena) (Cuadro 12) que causó mayor longitud de raíz, se debe probablemente al núcleo de arena, ya que según HARTMANN y KESTER (1987), el medio de enraizamiento puede afectar el tipo de sistema radical que se originan de las estacas; las estacas de algunas especies si se hacen enraizar en arena, producen raíces largas, no ramificadas, gruesas y quebradizas, pero cuando enraízan en una mezcla como arena y musgo turboso, o de perlita y musgo turboso, desarrollan raíces bien ramificadas, delgadas y flexibles, de un tipo mas apropiado para extraer y volver a plantar. Asimismo Salisbury (1991) citado por HENRIQUEZ (2004), señala que el crecimiento y morfología de las raíces sigue un control genético, pero también influye su entorno edáfico; en este mismo sentido Fitter (1996) citado por HENRIQUEZ (2004), señala que existen varios factores asociados al suelo como la humedad, que modifican el área de la superficie de la raíz, su sobrevivencia y desarrollo; ya que al parecer tiene un efecto en el alargamiento de las raíces, pero no en su diferenciación; además, afirma que varios factores como el nivel de oxígeno y textura del suelo, concentración de dióxido de carbono, luz y reguladores de crecimiento, también parecen ser importantes.

Al evaluar el efecto del ácido indolbutírico en la longitud (Cuadro 12) se verifica que las dosis de ácido indolbutírico  $b_3$ ,  $b_2$  y  $b_1$  (9000, 6000 y 3000 ppm respectivamente) tuvieron valores similares estadísticamente, pero estos si se diferenciaron estadísticamente de  $b_0$  (0 ppm). Por lo tanto las aplicaciones de las diferentes dosis de AIB fueron necesarias para la inducción de raíces. Cameron (1968) citado por HENRIQUEZ (2004), afirma que la iniciación de raíces y el crecimiento radicular son procesos morfogenéticos separados y posiblemente cada uno requiere diferentes condiciones.

#### 4.4 Volumen de raíces por estaca

Según el análisis de variancia (Cuadro 13) del volumen de raíces por estaca se observa que no existe significancia estadísticas para el factor tipo de sustrato (A), tampoco para la interacción de tipos de sustrato (A) por dosis de ácido indolbutírico (B); sin embargo si existió diferencias estadísticas altamente significativa para el factor dosis de ácido indolbutírico (B).

**Cuadro 13.** Análisis de variancia del volumen de raíces por estaca evaluado a los 120 días. Datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	
Bloque	2	0.2329	<b>S</b>
Tratamiento	7	0.4740	<b>AS</b>
A (Tipo de sustrato)	1	0.0014	<b>NS</b>
B (Dosis de AIB)	3	1.0472	<b>AS</b>
AxB	3	0.0585	<b>NS</b>
Error experimental	14	0.0556	
<b>Total</b>	<b>23</b>		
<b>C.V.</b>		<b>13.67%</b>	

NS No existe diferencia estadística.

S Significación estadística al 5% de probabilidad.

AS Significación estadística al 1% de probabilidad.

De la prueba de Duncan (Cuadro 14), para el volumen de raíces por estaca se observa que, el sustrato  $a_2$  (Tierra+arena+cascarilla de arroz, 1:1:1) produjo un volumen radicular de  $2.23 \text{ cm}^3$  no diferenciándose estadísticamente de  $a_1$  (Tierra+arena, 2:1+ núcleo de arena) con  $2.10 \text{ cm}^3$  de volumen radicular en promedio de las dosis de AIB estudiadas.

Con la aplicación de ácido indolbutírico a la dosis  $b_3$  (9000 ppm) se obtuvo un volumen radicular con  $3.27 \text{ cm}^3$  no diferenciándose estadísticamente de  $b_2$  (6000 ppm) con  $2.74 \text{ cm}^3$ , tampoco de  $b_1$  (3000 ppm) con  $2.37 \text{ cm}^3$  de volumen radicular; sin embargo estas tres dosis si se diferenciaron estadísticamente de  $b_0$  (0 ppm) el cual causo el menor efecto en el volumen radicular con  $0.29 \text{ cm}^3$  en promedio de los sustratos estudiados.

Cabe destacar que independientemente del sustrato utilizado, el volumen radicular es favorecido por la aplicación de ácido indolbutírico, ya sea a 9000, 6000 ó 3000 ppm, las cuales se diferenciaron estadísticamente de las estacas que no se aplicaron AIB (0 ppm), relacionado también que a mayor dosis se obtuvo mayor número y longitud de raíces (Cuadro 9 y 12) por lo tanto mayor volumen; asimismo el volumen radicular dependerá de factores estimulantes de su inicio y posterior desarrollo, asimismo Duryea (1984) citado por RAMOS (2004), menciona que el volumen radicular se considera como uno de los parámetros que indican la calidad del enraizamiento y también un factor crítico al evaluar el desempeño de las plantas en el terreno.



**Cuadro 14.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente al volumen de raíces por estaca evaluado a los 120 días.

<b>Factores</b>	<b>Volumen de raíces (cm<sup>3</sup>)</b>		
<b>Tipo de sustratos (A)</b>			
a <sub>2</sub> Tierra+arena+cascarilla de arroz (1:1:1)	2.23	(1.717) <sup>1/</sup>	a
a <sub>1</sub> Tierra+arena (2:1) + núcleo de arena	2.10	(1.731)	a
<b>Dosis de AIB (B)</b>			
b <sub>3</sub> 9000 ppm	3.27	(2.060)	a
b <sub>2</sub> 6000 ppm	2.74	(1.928)	a
b <sub>1</sub> 3000 ppm	2.37	(1.788)	a
b <sub>0</sub> 0 ppm	0.29	(1.120)	b

<sup>(1/)</sup> Datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Promedios unidos por letras iguales no difieren entre si.

#### 4.5. Materia seca de raíces por estaca

En el análisis de variancia para el carácter materia seca de raíces (Cuadro 15) se observa que no existe diferencias estadísticas para las fuentes de variación: tipo de sustrato (A) y para la interacción de los componentes en estudio (AxB), sin embargo existe diferencia estadística altamente significativa para el factor dosis de ácido indolbutírico (B).

**Cuadro 15.** Análisis de variancia de materia seca de raíces por estaca evaluado a los 120 días. Datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio	
Bloque	2	0.0042	<b>NS</b>
Tratamiento	7	0.0148	<b>AS</b>
A (Tipo de sustrato)	1	0.0054	<b>NS</b>
B (Dosis de AIB)	3	0.0304	<b>AS</b>
AxB	3	0.0023	<b>NS</b>
Error experimental	14	0.0023	
<b>Total</b>	<b>23</b>		
<b>C.V.</b>		<b>4.28%</b>	

NS No existe diferencia estadística.

S Significación estadística al 5% de probabilidad.

AS Significación estadística al 1% de probabilidad.

De la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) (Cuadro 16) del efecto principal tipo de sustrato (A) se observa que, el sustrato  $a_2$  (Tierra+arena+cascarilla de arroz, 1:1:1), tuvo un mayor efecto numéricamente en la materia seca de raíces 0.29 g, no diferenciándose estadísticamente del sustrato  $a_1$  (Tierra+arena, 2:1+ núcleo de arena) con 0.22 g en promedio de las dosis de AIB estudiadas.

En cuanto a los efectos del factor dosis de ácido indolbutírico (B) en la materia seca de raíces por estaca (Cuadro 16) se puede indicar que la dosis  $b_3$  (9000 ppm) en promedio de los sustratos estudiados con 0.37 g, no se diferenciaron estadísticamente de la dosis  $b_2$  (6000 ppm) con 0.34 g, ambos superaron numéricamente al resto de las dosis, seguido de la dosis  $b_1$  (3000 ppm) con 0.28 g de materia seca de raíces por estaca del cual tampoco se diferenciaron estadísticamente; así mismo estas tres dosis de AIB si se diferenciaron estadísticamente de la dosis  $b_0$  (0 ppm) con 0.03 g de materia seca de raíces.

**Cuadro 16.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente a materia seca de raíces por estaca evaluado a los 120 días.

Factores	Materia seca de raíces por estaca (g)		
<b>Tipo de sustratos (A)</b>			
$a_2$ Tierra+arena+cascarilla de arroz (1:1:1)	0.29	(1.1300) <sup>1/</sup>	a
$a_1$ Tierra+arena (2:1) + núcleo de arena	0.22	(1.1000)	a
<b>Dosis de AIB (B)</b>			
$b_3$ 9000 ppm	0.37	(1.1700)	a
$b_2$ 6000 ppm	0.34	(1.1517)	a
$b_1$ 3000 ppm	0.28	(1.1267)	a
$b_0$ 0 ppm	0.03	(1.0117)	b

<sup>(1/)</sup> Datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Promedios unidos por letras iguales no difieren entre si.

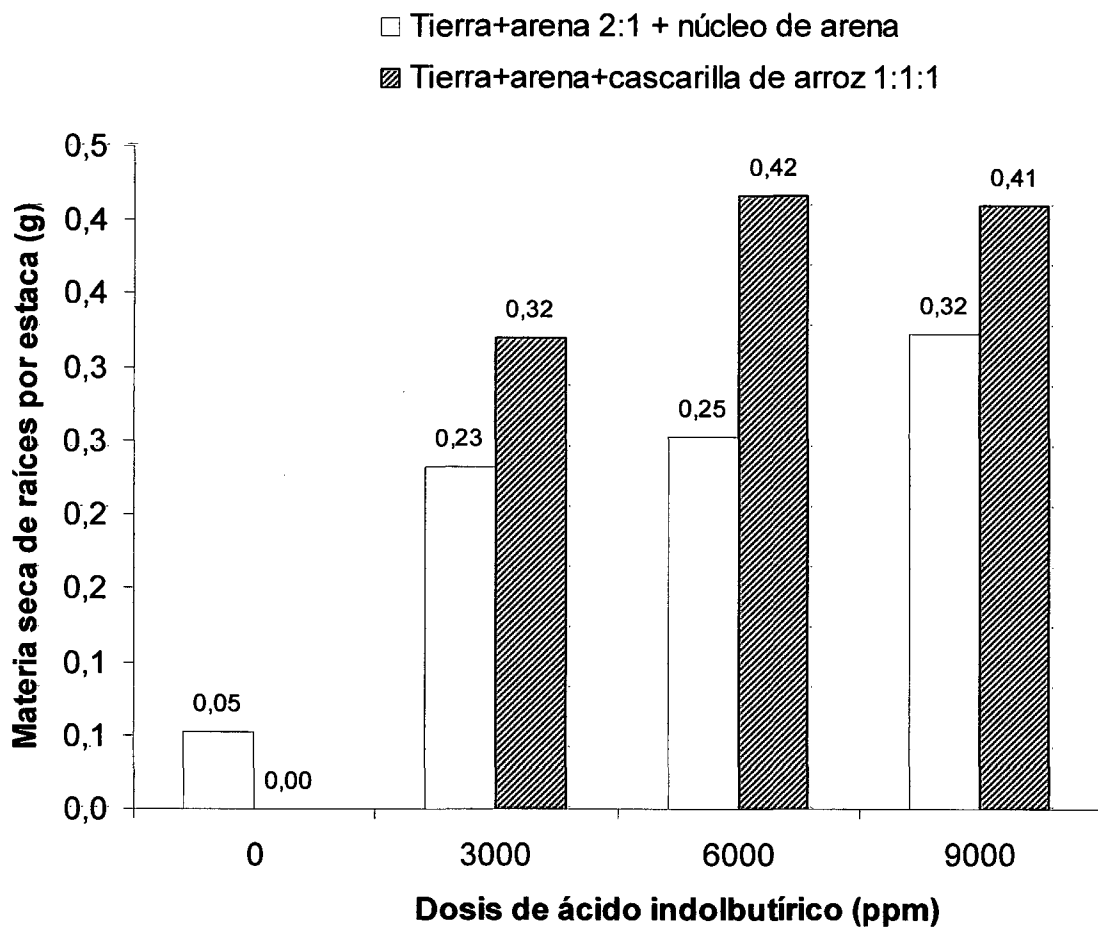
Se puede observar que existe un efecto favorable por la aplicación del ácido indolbutírico. Se debe a la relación directa, que a mayor concentración de AIB también se obtuvo mayor número de raíces, mayor longitud y mayor volumen de raíz (Cuadro 9, 12, 14) por lo tanto mayor materia seca de raíces (Cuadro 16). En la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para tratamientos (Cuadro 17) se puede indicar que existen diferencias entre los tratamientos a los que se le aplicó AIB y los que no se aplicaron AIB, así mismo se observa que T<sub>7</sub> (Tierra + arena + cascarilla de arroz, 1:1:1; 6000 ppm AIB), T<sub>8</sub> (Tierra+arena+ cascarilla de arroz 1:1:1; 9000 ppm AIB) superaron numéricamente al resto de tratamiento en materia seca de raíces. Böhm (1979) citado por RAMOS (2004), menciona que el peso radicular es el parámetro mas comúnmente utilizado para estudios de crecimientos como respuesta al medio ambiente; esta variable permite caracterizar el volumen total de raíces en el suelo. Asimismo FARIA y SACRAMENTO (2003), mencionan que la materia seca de las raíces, tiende a estar mas correlacionada con la calidad final del plantón que el número de raíces, o sea, cuanto mayor es la materia seca de raíces, mejor es la calidad final del plantón, posiblemente por estar también la materia seca de raíces mas correlacionada con las áreas activas de absorción de agua y nutrientes.

**Cuadro 17.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los efectos principales (A) y (B) en la materia seca de raíces por estaca evaluado a los 120 días.

<b>Trat.</b>	<b>Descripción de tratamientos</b>	<b>Materia seca de raíces por estaca (g)</b>		
T <sub>7</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz 1:1:1; 6000 ppm AIB	0.42	(1.190) <sup>17</sup>	a
T <sub>8</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz 1:1:1; 9000 ppm AIB	0.41	(1.187)	a
T <sub>4</sub>	Tierra+arena 2:1+núcleo de arena; 9000 ppm AIB	0.32	(1.150)	a
T <sub>6</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz 1:1:1; 3000 ppm AIB	0.32	(1.144)	a
T <sub>3</sub>	Tierra+arena 2:1+núcleo de arena; 6000 ppm AIB	0.25	(1.119)	a
T <sub>2</sub>	Tierra+arena 2:1+núcleo de arena; 3000 ppm AIB	0.23	(1.111)	a
T <sub>1</sub>	Tierra+arena 2:1+núcleo de arena; 0 ppm AIB	0.05	(1.025)	b
T <sub>5</sub>	Tierra+arena+cascarilla de arroz 1:1:1; 0 ppm AIB	0.00	(1.000)	b

<sup>(17)</sup> Datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Promedios unidos por letras iguales no difieren entre si.



**Figura 4.** Materia seca de raíces por estaca (g) en dos tipos de sustrato y tres dosis de ácido indolbutírico (AIB).

#### 4.6 Área foliar por estaca

Para el área foliar por estaca no se presentaron diferencias estadísticas significativas para las fuentes de variación: tipos de sustrato (A), y para la interacción de tipos de sustrato por dosis de ácido indolbutírico (AxB). Sin embargo, en la fuente de variación dosis de ácido indolbutírico (B) se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas, para el carácter área foliar por estaca, como se muestra en el Cuadro 18.

**Cuadro 18.** Análisis de variancia del área foliar por estaca evaluado a los 120 días. Datos transformados logaritmo (x+1).

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>GL</b>	<b>Cuadrado medio</b>	
Bloque	2	0.7201	<b>NS</b>
Tratamiento	7	1.7111	<b>AS</b>
A (Tipo de sustrato)	1	1.2060	<b>NS</b>
B (Dosis de AIB)	3	2.9346	<b>AS</b>
AxB	3	0.6560	<b>NS</b>
Error experimental	14	0.2997	
<b>Total</b>	<b>23</b>		
<b>C.V</b>		<b>33.06%</b>	

NS No existe diferencia estadística.

AS Significación estadística al 1% de probabilidad.

De la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del factor tipos de sustrato (A) (Cuadro 19) para el carácter área foliar, se tiene que el sustrato  $a_1$  (Tierra+arena 2:1+ núcleo de arena) en promedio de las dosis estudiadas no se diferenció estadísticamente de  $a_2$  (Tierra + arena + cascarilla de arroz 1:1:1).

En cuanto al efecto de la dosis de ácido indolbutírico (B) en promedio de los sustratos estudiados (Cuadro 19), se observa que la dosis  $b_3$  (9000 ppm) con  $141.36 \text{ cm}^2$  de área foliar y  $b_2$  (6000 ppm) con  $130.95 \text{ cm}^2$  son los que superaron numéricamente, seguido de  $b_1$  (3000 ppm) con  $103.58 \text{ cm}^2$ , no existiendo diferencias entre estas tres concentraciones de AIB, pero si superaron estadísticamente a  $b_0$  (0 ppm) con  $28.32 \text{ cm}^2$ . El efecto favorable de la aplicación de los niveles de AIB en el área foliar por estaca esta relacionado por su efecto en el mayor número de raíces, mayor volumen radicular que aumenta la capacidad de absorción de nutrientes para la actividad metabólica de la parte foliar de la planta.

**Cuadro 19.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente al área foliar por estaca evaluado a los 120 días.

<b>Factores</b>	<b>Área foliar (<math>\text{cm}^2</math>)</b>		
<b>Tipo de sustratos (A)</b>			
$a_1$ Tierra+arena (2:1) + núcleo de arena	105.56	(1.880) <sup>1/</sup>	a
$a_2$ Tierra+arena+cascarilla de arroz (1:1:1)	96.54	(1.432)	a
<b>Dosis de AIB (B)</b>			
$b_3$ 9000 ppm	141.36	(2.150)	a
$b_2$ 6000 ppm	130.95	(2.098)	a
$b_1$ 3000 ppm	103.58	(1.730)	a
$b_0$ 0 ppm	28.32	(0.645)	b

<sup>(1/)</sup> Datos transformados logaritmo  $(x+1)$ .

Promedios unidos por letras iguales no difieren entre si.



#### 4.7 Materia seca de brotes por estaca.

Del análisis de variancia (Cuadro 20) se observa que, con respecto a la materia seca de brotes, existe diferencia altamente significativa para la fuente de variación dosis de ácido indolbutírico (B) y no se presentó significancia estadística para la interacción AxB (tipo de sustrato por dosis de ácido indolbutírico), tampoco para el factor tipo de sustrato (A).

**Cuadro 20.** Análisis de variancia de materia seca de brotes por estaca, evaluado a los 120 días. Datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio
Bloque	2	0.0070 <b>NS</b>
Tratamiento	7	0.0207 <b>S</b>
A (Tipo de sustrato)	1	0.0035 <b>NS</b>
B (Dosis de AIB)	3	0.0354 <b>AS</b>
AxB	3	0.0117 <b>NS</b>
Error experimental	14	0.0049
<b>Total</b>	<b>23</b>	
C.V.		6.04%

NS No existe diferencia estadística.

S Significación estadística al 5% de probabilidad.

AS Significación estadística al 1% de probabilidad.

De la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto principal tipo de sustrato (A) (Cuadro 21), se observa que en promedio de las dosis de AIB estudiadas el sustrato a<sub>2</sub> (Tierra+arena+cascarilla de arroz, 1:1:1) con 0.38 g de materia seca de brotes por estaca no se diferenció estadísticamente de a<sub>1</sub> (tierra + arena 2:1+ núcleo de arena) con 0.31 g.

En cuanto a la comparación de los efectos del factor dosis de ácido indolbutírico (B) (Cuadro 21), la dosis  $b_3$  (9000 ppm) en promedio de los sustratos estudiados con 0.48 g materia seca de brotes no se diferenció estadísticamente de  $b_2$  (6000 ppm), con 0.44 g, tampoco se diferenciaron de  $b_1$  (3000 ppm) con 0.37 g, sin embargo estas tres dosis si se diferenciaron estadísticamente de  $b_0$  (0 ppm) con 0.10 g.

Se observa un aumento en la materia seca de brotes a medida que se incrementa la dosis de AIB (Cuadro 21), lo que probablemente se debe a que el AIB acelera la iniciación de raíces, aumenta el volumen y número de raíces, lo que favorece la absorción de agua y nutrientes para una mayor fotosíntesis y una mayor acumulación de materia seca por la planta.

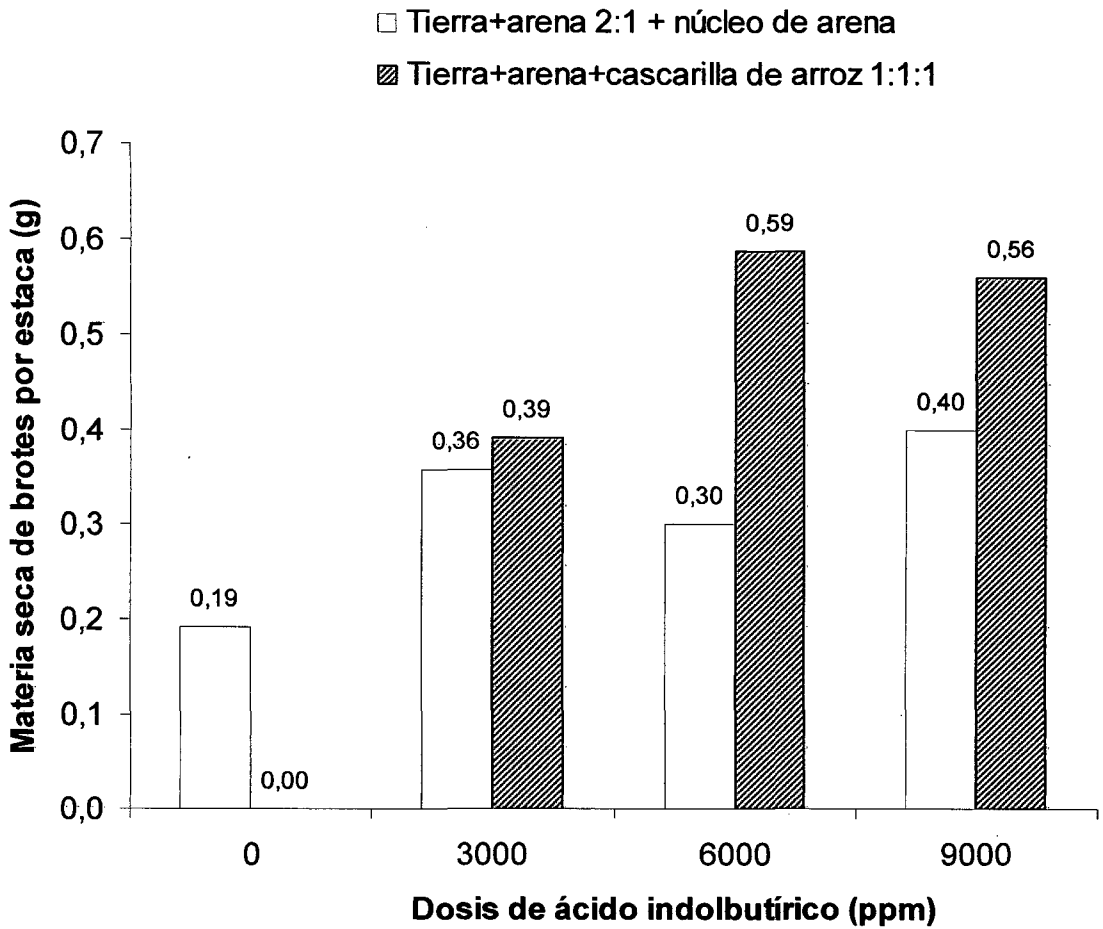
**Cuadro 21.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente a la materia seca de brotes por estaca evaluado a los 120 días.

Factores	Materia seca de brotes por estaca (g)		
<b>Tipo de sustratos (A)</b>			
$a_2$ Tierra+arena+cascarilla de arroz (1:1:1)	0.38	(1.168) <sup>1/</sup>	a
$a_1$ Tierra+arena (2:1) + núcleo de arena	0.31	(1.144)	a
<b>Dosis de AIB (B)</b>			
$b_3$ 9000 ppm	0.48	(1.215)	a
$b_2$ 6000 ppm	0.44	(1.198)	a
$b_1$ 3000 ppm	0.37	(1.162)	a
$b_0$ 0 ppm	0.10	(1.045)	b

<sup>(1/)</sup> Datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Promedios unidos por letras iguales no difieren entre si.

En la comparación de media de tratamientos (Figura 5), los tratamientos que produjeron mayor materia seca de brotes son T<sub>7</sub> (Tierra + arena + cascarilla de arroz ,1:1:1; 6000 ppm AIB) y T<sub>8</sub> (Tierra+arena+ cascarilla de arroz 1:1:1; 9000 ppm AIB).



**Figura 5.** Materia seca de brotes por estaca (g) en dos tipos de sustrato y tres dosis de ácido indolbutírico (AIB).

## V. CONCLUSIONES.

1. El sustrato a<sub>1</sub> (Tierra+arena 2:1 + núcleo de arena) en promedio de las dosis de AIB obtuvo el mejor resultado para el carácter longitud de raíz, asimismo no existió diferencias estadísticas entre los sustratos para las demás características y que bajo la aplicación de ácido indolbutírico favorecieron el enraizamiento.
2. Con la aplicación de ácido indolbutírico (AIB) a 6000 ppm en promedio de los sustratos estudiados se obtuvo los mejores resultados para el número de estacas enraizadas 4.83 no diferenciándose estadísticamente con las dosis de 9000 ppm y 3000 ppm de AIB.
3. Con la aplicación de ácido indolbutírico (AIB) a 9000 y 6000 ppm en promedio de los sustratos estudiados se obtuvo los mejores resultados para el número de raíces por estaca.
4. Con la aplicación de ácido indolbutírico (AIB) a 9000, 6000 y 3000 ppm en promedio de los sustratos estudiados no se obtuvo diferencias estadísticas en las características: longitud de raíz, volumen radicular, materia seca de raíces, área foliar y materia seca de brotes pero si se diferenciaron estadísticamente con el tratamiento sin aplicación de AIB.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Experimentar el enraizamiento de estacas de cacao con material vegetativo provenientes de plantas madres manejadas (nutrición mineral, sombreado, estado de juvenilidad, etc.).
2. Realizar estudios sobre la influencia de la luminosidad en el enraizamiento de estacas de cacao.
3. Evaluar el efecto de tiempos en la conservación de la estaca (traslado desde el campo a la plantación de las estacas en el propagador).
4. Evaluar el efecto de tiempos de inmersión de las estacas en la solución concentrada de AIB.

## VII. RESUMEN

Con la finalidad de determinar la capacidad de enraizamiento de estacas de cacao (*Theobroma cacao* L., clon CCN-51) en dos tipos de sustrato y tres concentraciones de ácido indolbutírico (AIB), se realizó un experimento en el fundo agrícola de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, entre los meses de abril – agosto 2006. Se adoptó el diseño experimental de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial 2Ax4B con 3 bloques.

En el experimento se probó dos sustratos, tierra+arena 2:1+núcleo de arena y tierra+arena+cascarilla de arroz 1:1:1. Las dosis de AIB fueron 0, 3000, 6000 y 9000 ppm. Se utilizó estacas semiherbáceas, con tres hojas cortadas 2/3, con una longitud de 20 cm y diámetro de 6 - 7 mm; la parte basal de las estacas fueron tratadas con AIB en solución concentrada por 3 segundos, fueron conducidos en un propagador de polietileno transparente.

Los resultados muestran el sustrato (Tierra+arena 2:1+núcleo de arena) en promedio de las dosis de AIB obtuvo el mejor resultado para el carácter longitud de raíz. Con la aplicación de AIB a 6000 ppm en promedio de los sustratos estudiados se obtuvo los mejores resultados para el número de estacas enraizadas 4.83 no diferenciándose estadísticamente con las dosis de 9000 ppm y 3000 ppm. También con la aplicación de AIB a 9000 y 6000 ppm en promedio de los sustratos estudiados se obtuvo los mejores resultados para el número de raíces por estaca. Asimismo con la aplicación de ácido AIB a 9000, 6000 y 3000 ppm en promedio de los sustratos estudiados no se obtuvo diferencias estadísticas en las características: longitud de raíz, volumen radicular, materia seca de raíces, área foliar y materia seca de brotes pero si se diferenciaron estadísticamente con el tratamiento sin aplicación de AIB.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

1. AZCON-BIETO, J. y TALON, M. 1993. Fisiología y bioquímica vegetal. Interamericana. Madrid, España. 581 p.
2. BASTOS, C. 2006. Propagação da caramboleira por estacas caulinares e caracterização anatômica e histológica da formação de raízes adventícias. Tese de Doutorado. Piracicaba, SP, Brasil. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 65 p. [En línea]. USP. (<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-15032006-141142/>, Doc. 26 de Enero 2006).
3. BRAUDEAU, T. 1981. El cacao. Blume. Barcelona, España. 297 p.
4. FARIA, C. y SACRAMENTO, K. 2003. Enraizamento e crescimento de estacas herbáceas do cacauero (clones CEPEC 42, TSH 516 e TSH 1188) em função da aplicação do ácido indolbutírico (AIB). *Rev. Bras. Frutic* vol.25, no.1, p.192-194. [En línea]. Scielo. (<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0100-29452003000100054&lng=es&nrm=iso>. Documentos, 22 Agosto 2005).
5. GUTIERREZ, M. 2003. Propagación del burío (*Heliocarpus appendiculatus* Turcz.) por semillas, estacas y acodos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 120 p. [En línea]. CATIE. (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0315e/A0315e.pdf#pagemode=bookma>. Doc. 05 de Abril 2006).
6. HARTMANN, T. y KESTER, E. 1987. Propagación de plantas: principios y prácticas. Editorial continental S.A. México. 814 p.

7. HENRIQUEZ, E. 2004. Evaluación de tres factores de enraizamiento en morera (*Morus alba*). Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Facultad de ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. 77 p. [En línea]. Cybertesis. (<http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2004/henriqueze/doc/henriqueze.pdf> henriquez, Documentos, 24 de Julio 2005)
8. 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.
9. 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.
10. LAMA, P. 2006. Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y el humus de lombriz en el enraizado de estacas de dos clones de cacao en Tingo Maria. Tesis Ing. Agr. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 92 p.
11. LEAL, F., HERNÁNDEZ S., VALDERRAMA E Y TROCEL L. 1994. Enraizamiento de estacas de cacao. Memorias del primer congreso venezolano del cacao y su industria (1, 1994, Maracay, Venezuela). [En línea]. Sian, (<http://www.cacao.sian.info.ve/memorias/pdf/56.pdf>). Documentos, 10 Julio 2005).
12. LITTLE, T. 1998. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trillas. México. 270 p.



13. MANSILLA, D. 2004. Propagación vegetativa mediante estaquillado en especies nativas de los géneros *Mutisia*, *Escallonia* y *Gaultheria*, como potenciales cultivos ornamentales. Tesis Ing. Agr. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 68 p. [En línea]. Cybertesis. (<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fam288p/html/index-frames.html>, Documentos., 12 Diciembre, 2005).
14. MARROCOS, P. SODRÉ, G. PACHECO, R. PEREIRA, A. 2000. Diagnóstico da produção de mudas do instituto biofábrica de cacau Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) Ilhéus-Bahia. [En línea]: Ceplac. (<http://www.google.com/search?q=cache:mEKN0CEBy5AJ.www.ceplac.gov.br/Conferencia/DiagBiof.pdf+tubetes%2Bcacau&hl=es>. Doc. 16 set. 2005).
15. MESEN, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 36 p.
16. MESTANZA, 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. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 54 p.
17. NÚÑEZ, Y. 1997. Propagación vegetativa del cristóbal (*Platymiscium pinnatum*, Benth); pilón (*Hyeronima alchorneoides*, Allemo) y surá (*Terminalia oblonga*, Ruiz & Pavon) mediante el enraizamiento de estacas juveniles. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 172 p. [En línea]. CATIE. (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0488e/A0488e.pdf#pagemode=bookma>. Documentos, 05 Abril 2006).

18. PAREDES, J.; CANALES, M.; GONZALES, A.; VENTURA, M. 2004. Evaluación de sustratos en el enraizamiento de estacas de cacao. IDIAF (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales) Resultados de investigación en Cacao. Santo Domingo, 73 p. [En línea]: Idiaf. ([www.idiaf.org.do/documentos/CA CAO,%20Resultados%20de%20Investigaci%F3n.pdf](http://www.idiaf.org.do/documentos/CA CAO,%20Resultados%20de%20Investigaci%F3n.pdf)). Doc, 2 Mar. 2006).
19. PEREIRA, M. 2003. Propagação via estacas apicais, caracterização morfológica e molecular de jabuticabeiras (*Myrciaria spp*). Tese de Doutorado. Piracicaba, SP, Brasil. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 86 p. [En línea]. USP. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/111150/tde-24032004-151150/>. Documentos, 04 Septiembre 2005).
20. RAMOS, E. M. 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.
21. RAMOS, M. 2004. Propagación vegetativa de *sequoia sempervirens* (d. don) endl. a través de estacas. Tesis Ing For. Santiago, Chile. Facultad de ciencias Forestales. Universidad de Chile. 108 p. [En línea]. Cybertesis. (<http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2004/ramosm/doc/ramosm.pdf>, Documentos, 24 de Julio 2005)
22. SALISBURY, F. y ROSS, W. 2000. Fisiología de las plantas. Ed. Paraninfo. Madrid, España. 988 p.

23. SODRÉ, G.; MARROCOS, P. y LEITE, J. 2005. Determinação da idade de desbaste e número máximo de tubetes por bandeja no sistema de produção do instituto biofábrica de cacau (IBC). CEPLAC/ Centro de Pesquisas do Cacau – CEPEC. Ilhéus-Itabuna, Bahia, Brasil. [En línea]: CEPLAC. (<http://www.google.com/search?q=cache:Ys796ha1ftlJ:www.ceplac.gov.br/Conferencia/XIPC%2520EXP%2520II.%2520George%2520Sodre.pdf+tubetes%2Bcacau&hl=es>. Doc. 16 Setiembre. 2005)
24. TORRES, A. 2003. Relação entre sazonalidade, desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia. Dissertação Mestrado. Piracicaba, SP, Brasil. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 65 p. [En línea]. USP. (<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-09122003-105826/>, Doc 04 Set. 2005).
25. VALDEZ, J. 1976. Normas técnicas para el cultivo del cacao. Instituto Cubano del Libro. La Habana, cuba. 196 p
26. WEAVER, R. J. 1976. Reguladores del crecimiento de las Plantas en la agricultura. Editorial Trillas. México. 622 p.
27. WOOD, G. A. 1982. Cacao. Trad. por Antonio Marino Ambrosio. D. F., México. CECOSA. 263 p.

## **IX. ANEXO**

**Cuadro 22.** Datos originales de número de estacas enraizadas.

Tratamiento	Clave	Bloques			Total Trat.	Prom. Trat.
		I	II	III		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	2	2	0	4	1.33
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	8	3	1	12	4.00
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	6	5	2	13	4.33
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	6	3	3	12	4.00
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	0	0	0	0	0.00
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	8	5	0	13	4.33
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	7	8	1	16	5.33
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	8	5	2	15	5.00

**Cuadro 23.** Número de estacas enraizadas, datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Tratamiento	Clave	Bloques			Total Trat.	Prom. Trat.
		I	II	III		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	1.73	1.73	1.00	4.46	1.49
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	3.00	2.00	1.41	6.41	2.14
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	2.65	2.45	1.73	6.83	2.28
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	2.65	2.00	2.00	6.65	2.22
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	3.00	2.45	1.00	6.45	2.15
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	2.83	3.00	1.41	7.24	2.41
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	3.00	2.45	1.73	7.18	2.39

**Cuadro 24.** Datos originales del número de raíces por estaca.

Tratamiento	Clave	Bloques			Total Trat.	Prom. Trat.
		I	II	III		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	2	2.5	0	4.5	1.50
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	5	7	4	16	5.33
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	7	7.5	7.5	22	7.33
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	11	12.5	8.5	32	10.67
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	0	0	0	0	0.00
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	5	12	0	17	5.67
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	18	13	10	41	13.67
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	13	13.5	13	39.5	13.17

**Cuadro 25.** Número de raíces por estaca, datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Tratamiento	Clave	Bloques			Total Trat.	Prom. Trat.
		I	II	III		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	1.73	1.87	1.00	4.60	1.53
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	2.45	2.83	2.24	7.51	2.50
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	2.83	2.92	2.92	8.66	2.89
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	3.46	3.67	3.08	10.22	3.41
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	2.45	3.61	1.00	7.06	2.35
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	4.36	3.74	3.32	11.42	3.81
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	3.74	3.81	3.74	11.29	3.76

**Cuadro 26.** Datos originales de la longitud de raíz (cm).

Tratamiento	Clave	Bloques			Total Trat.	Prom. Trat.
		I	II	III		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	26.10	25.90	0.00	52.00	17.33
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	26.70	26.90	21.50	75.10	25.03
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	20.40	24.30	26.50	71.20	23.73
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	29.75	25.40	21.00	76.15	25.38
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	26.35	23.21	0.00	49.56	16.52
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	26.00	22.00	22.50	70.50	23.50
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	23.35	23.50	22.90	69.75	23.25

**Cuadro 27.** Longitud de raíz (cm), datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Tratamiento	Clave	Bloques			Total Trat.	Prom. Trat.
		I	II	III		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	5.21	5.19	1.00	11.39	3.80
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	5.26	5.28	4.74	15.29	5.10
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	4.63	5.03	5.24	14.90	4.97
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	5.55	5.14	4.69	15.37	5.12
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	5.23	4.92	1.00	11.15	3.72
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	5.20	4.80	4.85	14.84	4.95
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	4.93	4.95	4.89	14.77	4.92

**Cuadro 28.** Datos originales de volumen de raíces por estaca (cm<sup>3</sup>).

Tratamiento	Clave	Bloques			Total Trat.	Prom. Trat.
		I	II	III		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	0.80	0.91	0.00	1.71	0.57
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	3.10	2.18	1.98	7.26	2.42
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	2.90	2.20	2.56	7.66	2.55
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	3.55	2.54	2.50	8.59	2.86
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	4.65	2.30	0.00	6.95	2.32
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	3.90	2.40	2.48	8.78	2.93
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	3.70	3.70	3.60	11.00	3.67

**Cuadro 29.** Volumen de raíces por estaca (cm<sup>3</sup>), datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Tratamiento	Clave	Bloques			Total Trat.	Prom. Trat.
		I	II	III		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	1.34	1.38	1.00	3.72	1.24
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	2.02	1.78	1.73	5.53	1.84
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	1.97	1.79	1.89	5.65	1.88
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	2.13	1.88	1.87	5.89	1.96
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	2.38	1.82	1.00	5.19	1.73
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	2.21	1.84	1.87	5.92	1.97
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	2.17	2.17	2.14	6.48	2.16

**Cuadro 30.** Datos originales de materia seca de raíces (g).

Tratamiento	Clave	Bloques			Total Trat.	Prom. Trat.
		I	II	III		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	0.07	0.09	0.00	0.16	0.05
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0.27	0.21	0.22	0.70	0.23
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0.19	0.31	0.26	0.76	0.25
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	0.37	0.36	0.24	0.97	0.32
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	0.46	0.50	0.00	0.96	0.32
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	0.52	0.31	0.42	1.25	0.42
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	0.39	0.43	0.41	1.23	0.41

**Cuadro 31.** Materia seca de raíces por estaca (g), datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

Tratamiento	Clave	Bloques			Total Trat.	Prom. Trat.
		I	II	III		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	1.03	1.04	1.00	3.08	1.03
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	1.13	1.10	1.10	3.33	1.11
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	1.09	1.14	1.12	3.36	1.12
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	1.17	1.17	1.11	3.45	1.15
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	1.21	1.22	1.00	3.43	1.14
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	1.23	1.14	1.19	3.57	1.19
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	1.18	1.20	1.19	3.56	1.19

**Cuadro 32.** Datos originales de área foliar por estaca (cm<sup>2</sup>).

Tratamiento	Clave	Bloques			Total Trat.	Prom. Trat.
		I	II	III		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	85.66	84.24	0.00	169.90	56.63
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	114.81	112.31	116.53	343.64	114.55
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	65.81	144.12	133.24	343.17	114.39
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	164.04	137.33	108.64	410.01	136.67
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	200.17	77.65	0.00	277.82	92.61
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	198.72	127.57	116.24	442.53	147.51
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	135.35	156.24	146.57	438.16	146.05

**Cuadro 33.** Área foliar por estaca (cm<sup>2</sup>), datos transformados logaritmo (x+1).

Tratamiento	Clave	Bloques			Total Trat.	Prom. Trat.
		I	II	III		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	9.31	9.23	1.00	19.54	6.51
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	10.76	10.64	10.84	32.25	10.75
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	8.17	12.05	11.59	31.81	10.60
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	12.85	11.76	10.47	35.08	11.69
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	14.18	8.87	1.00	24.05	8.02
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	14.13	11.34	10.83	36.30	12.10
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	11.68	12.54	12.15	36.36	12.12



**Cuadro 34.** Datos originales de materia seca de brotes por estaca (g).

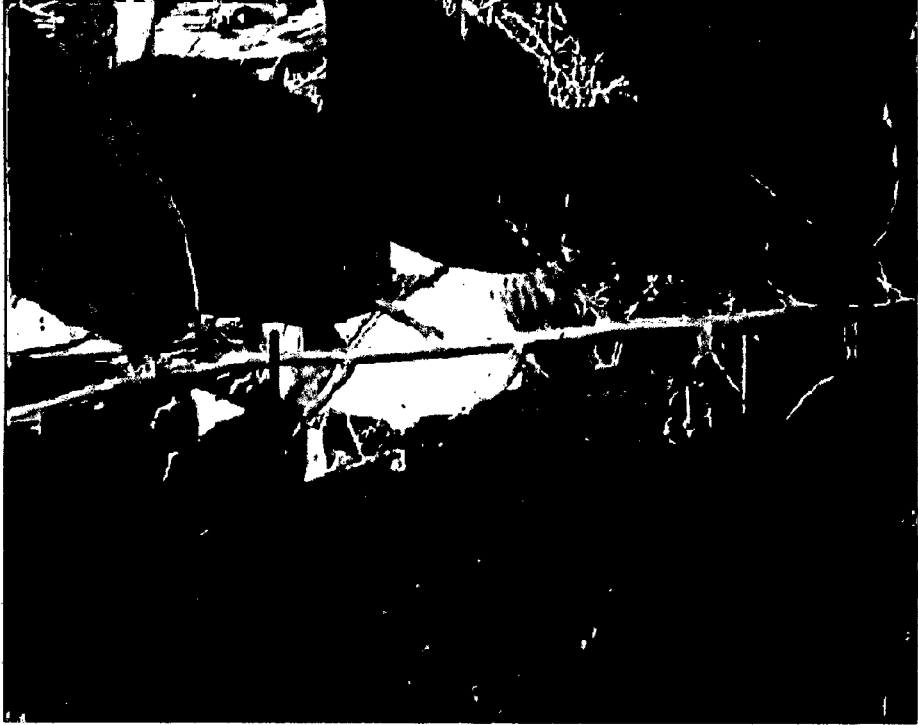
Tratamiento	Clave	Bloques			Total Trat.	Prom. Trat.
		I	II	III		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	0.30	0.28	0.00	0.58	0.19
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0.39	0.33	0.35	1.07	0.36
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0.16	0.46	0.28	0.90	0.30
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	0.44	0.39	0.37	1.20	0.40
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	0.67	0.50	0.00	1.17	0.39
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	0.77	0.39	0.60	1.76	0.59
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	0.45	0.65	0.58	1.68	0.56

**Cuadro 35.** Materia seca de brotes por estaca (g), datos transformados  $\sqrt{x+1}$ .

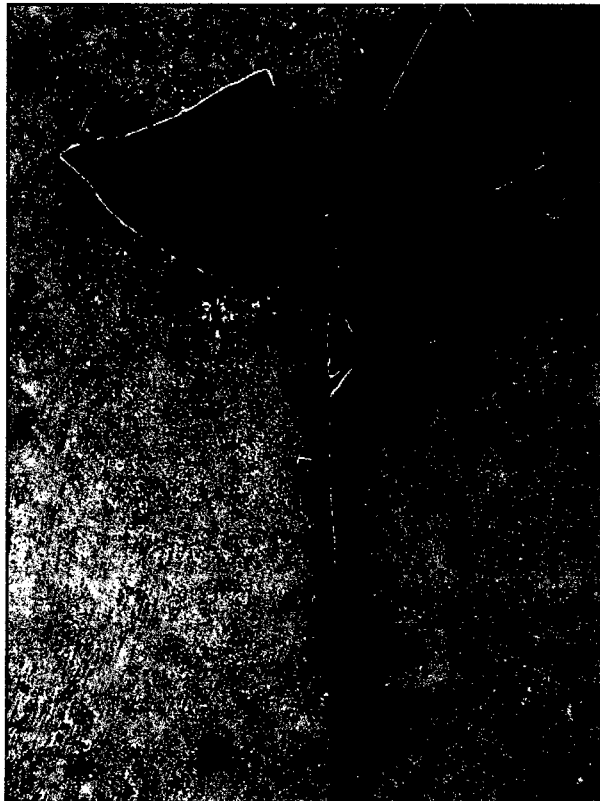
Tratamiento	Clave	Bloques			Total Trat.	Prom. Trat.
		I	II	III		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	1.14	1.13	1.00	3.27	1.09
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	1.18	1.15	1.16	3.49	1.16
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	1.08	1.21	1.13	3.42	1.14
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	1.20	1.18	1.17	3.55	1.18
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	1.29	1.22	1.00	3.52	1.17
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	1.33	1.18	1.26	3.77	1.26
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	1.20	1.28	1.26	3.75	1.25

**Cuadro 36.** Porcentaje de enraizamiento a los 120 días de evaluados.

Tratamiento	Clave	Porcentaje de enraizamiento
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	44.4
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	41.7
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	36.1
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	36.1
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	33.3
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	33.3
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	11.1
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	0.00



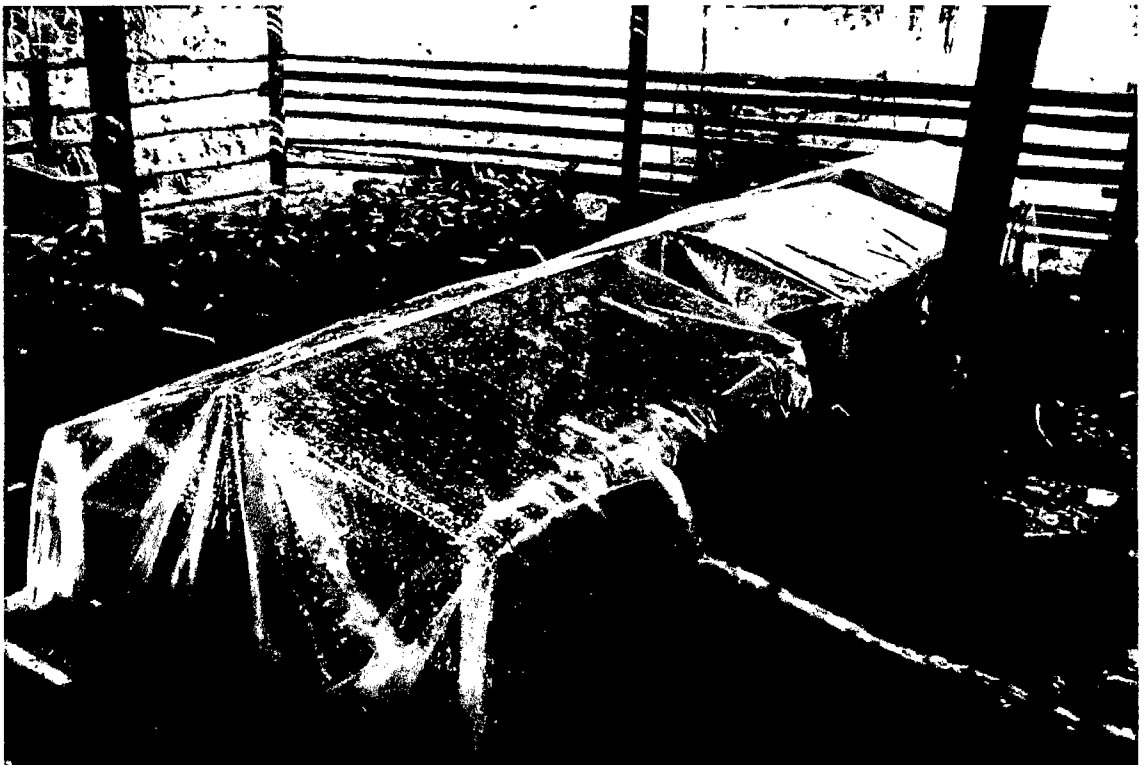
**Figura 6.** Parte de la rama seleccionada para estacas



**Figura 7.** Estacas utilizadas para el enraizamiento.



**Figura 8.** Colocación de las estacas en las camas de propagación.



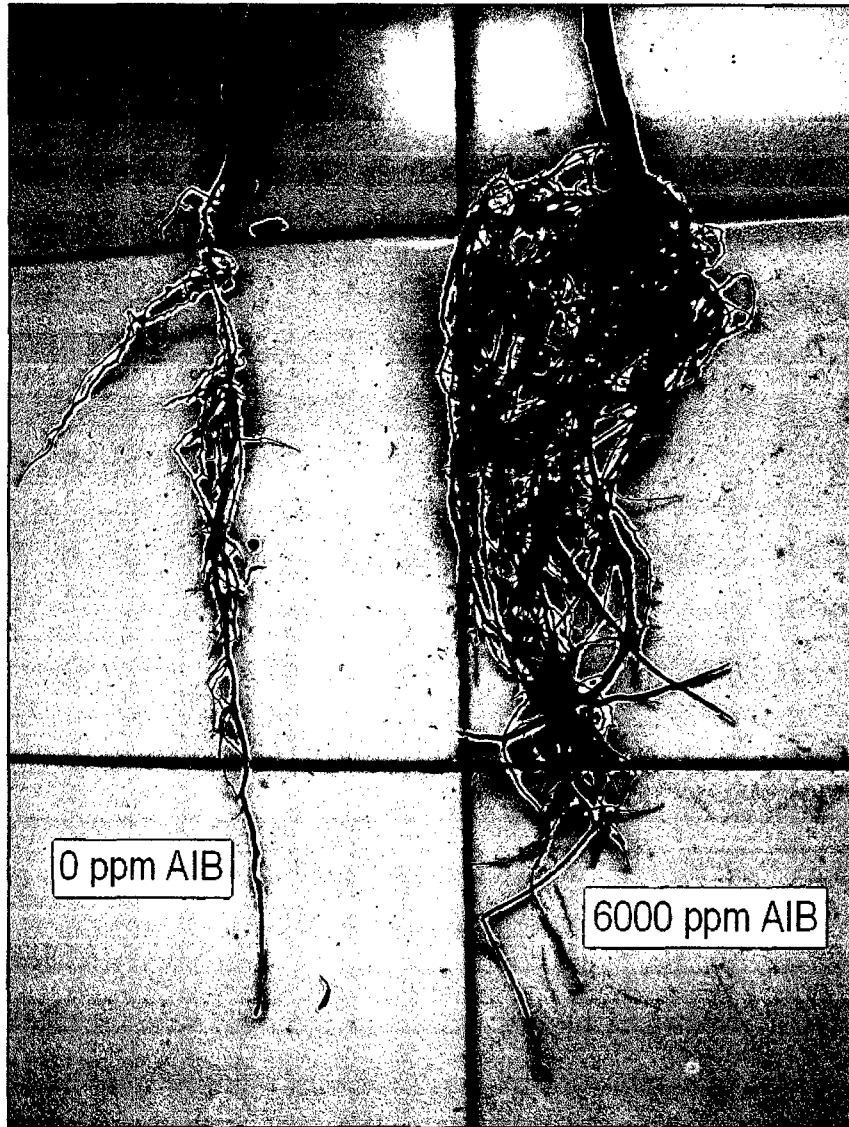
**Figura 9.** Camas de propagación cubiertas por el polietileno.



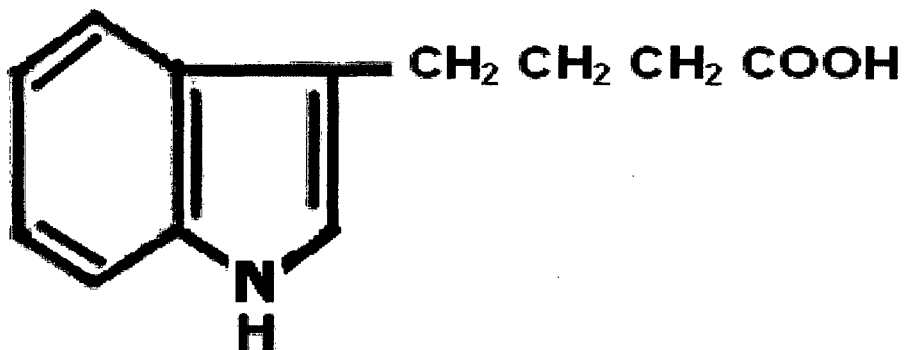
**Figura 10.** Presencia de raíces en las estacas a los 50 días de plantadas.



**Figura 11.** Presencia de raíces en estacas aplicadas 6000, 6000 y 3000 ppm de AIB, respectivamente.



**Figura 12.** Estacas enraizadas sin aplicar AIB y con aplicación de 6000 ppm de ácido indolbutírico (AIB).



**Figura 13.** Estructura química de ácido indol-3-butírico.