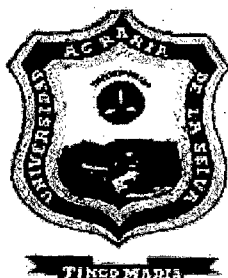


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



“ENRAIZADO DE ESTACAS DE SACHA INCHI

(*Plukenetia volubilis* L.) EN SEIS TIPOS DE SUSTRATO CON

APLICACIÓN DE ÁCIDO INDOLBUTIRICO”

TESIS

Para optar el título de

INGENIERO AGRÓNOMO

ESTEBAN GERARDO PAREDES VEGA

PROMOCIÓN 2005 – II

“Mario Iván Laura Tueros”

TINGO MARÍA – PERÚ

2011



F62

P26

Paredes Vega, Esteban G.

Enraizado de Estacas de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en Seis Tipos de Sustrato con Aplicación de Acido Indolbutírico. Tingo María, 2011

98h.; 25 cuadros; 9 fgrs.; 49 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Agrónomo) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, (Perú). Facultad de Agronomía.

PLUKENETIA VOLUBILIS L. / ENRAIZAMIENTO-ESTACAS / SUSTRATO
/ ACIDO INDOLBUTIRICO / PROPAGACION VEGETATIVA / CULTIVO
/ TINGO MARIA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERU.

DEDICATORIA

A DIOS, porque dándome la vida permitió que yo con lo imperfecto que soy, llegara a realizar todo esto, sinceramente a él le dedico todo.

A mis queridos padres ANGEL y BINDA, con infinito amor, cariño y eterna gratitud por su invaluable apoyo y constante orientación para lograr mi carrera profesional.

A mis hermanos, Gustavo, Erick y Esther con cariño y amor, estimación por el apoyo y sacrificio en cada momento de mi vida.

A mi apreciada compañera Vilma Margot La Torre Moscoso por su apoyo moral, comprensión, estimación y paciencia, que siempre recordaré y valoraré.

AGRADECIMIENTO

- A mi Dios que nunca me abandona brindándome la fuerza interior y presentándome en cada momento una enseñanza de vida.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Agronomía, a docentes y trabajadores que contribuyeron en 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. Luis Mansilla Minaya, Ing. Agr. Carlos Miranda Armas e Ing. Agr. Fernando Gonzales Huiman por su apoyo brindado en la presentación y ejecución del trabajo tesis.
- A mis compañeros y amigos, Joel Ayre Pérez, Dalila Ventura Roque, Martha Aycachi Santa Cruz, Luis Navas Moscoso, Herbert Puente Ganz, Alex Saldaña Pérez, Dawis Dávila Alvarado, quienes brindaron su apoyo en la realización del presente trabajo de tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCION.....	11
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1. Aspectos botánicos del sachá inchi.....	13
2.1.1. Clasificación botánica.....	13
2.1.2. Morfología	14
2.2. De la propagación.....	15
2.2.1. De la propagación vegetativa.....	15
2.2.2. Propagación por estacas.....	16
2.3. Origen anatómico de las raíces adventicias.....	18
2.4. Factores que afectan el enraizamiento.....	20
2.4.1. Selección del material para estaca.....	20
2.4.2. Tratamiento de las estacas con reguladores de crecimiento	24
2.4.3. Condiciones ambientales durante el enraizamiento.....	29
2.5. Característica del fitorregulador utilizado.....	37
2.6. Característica del desinfectante de suelo.....	38
2.7. Agregados orgánicos	38
2.7.1. Estiércol de vacuno.....	38

2.7.2.	Gallinaza	39
2.7.3.	Cascarilla de arroz	40
2.8.	Agregados gruesos.....	40
2.9.	Antecedentes de la propagación por estacas en sachas inchi...	41
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.	42
3.1.	Ubicación del campo experimental.....	42
3.1.1.	Condiciones climáticas.....	42
3.1.2.	Análisis del sustrato	43
3.1.3.	Características del vivero	44
3.2.	Componentes en estudio.....	45
3.3.	Tratamientos en estudio.....	46
3.4.	Diseño experimental.....	46
3.5.	Disposición experimental.....	47
3.6.	Ejecución del experimento.....	48
3.6.1.	Obtención y preparación del sustrato.....	48
3.6.2.	Desinfección del sustrato	49
3.6.3.	Preparación de la cama de vivero	49
3.6.4.	Construcción del tinglado	50
3.6.5.	Obtención y preparación del material de propagación	50
3.6.6.	Preparación y aplicación del enraizador.....	51

3.6.7.	Plantado de las estacas en el sustrato.....	51
3.6.8.	Cubiertas de las estacas.....	52
3.6.9.	Labores culturales.....	52
3.7.	Evaluaciones registradas.....	52
3.7.1.	Porcentaje de sobrevivencia.....	52
3.7.2.	Número de brotes por estaca.....	53
3.7.3.	Número de raíces por estaca.....	53
3.7.4.	Longitud de raíz.....	53
3.7.5.	Volumen de raíces por estaca.....	53
3.7.6.	Peso seco de raíces.....	54
3.7.7.	Análisis de costos.....	54
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
4.1.	Porcentaje de sobrevivencia.....	55
4.2.	Número de brotes por estaca.....	59
4.3.	Número de raíces por estaca.....	63
4.4.	Longitud de raíz mayor.....	69
4.5.	Volumen de raíces por estaca.....	73
4.6.	Peso seco de raíces.....	76
4.7.	Análisis de costos.....	80
V.	CONCLUSIONES.....	85

VI. RECOMENDACIONES.....	86
VII. RESUMEN.....	87
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	89
IX. ANEXO.....	98

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Componentes del estiércol de vacuno.....	39
2. Componentes de la gallinaza.	39
3. Datos climáticos de enero a abril del 2008 correspondiente al periodo experimental de los tratamientos en estudio.	42
4. Análisis físico – químico de los sustratos.	43
5. Descripción de los tratamientos en estudio.	46
6. Esquema del análisis de variancia	47
7. Análisis de variancia del porcentaje de sobrevivencia. Datos transformados $\sqrt{x+1}$	55
8. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable porcentaje de sobrevivencia.....	56
9. Análisis de variancia del número de brotes por estaca evaluado a los 102 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$	60
10. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable número de brotes por estaca evaluado a los 102 días.....	61
11. Análisis de variancia del número de raíces por estaca evaluado a los 110 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$	64
12. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable número de raíces por estaca evaluado a los 110 días.....	65

13. Análisis de variancia de la longitud de raíz mayor evaluada a los 110 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$	69
14. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable longitud de raíz mayor por estaca evaluada a los 110 días.	70
15. Análisis de variancia del volumen de raíces evaluado a los 110 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$	73
16. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable volumen de raíces por estaca evaluado a los 110 días	74
17. Análisis de variancia del peso seco de raíces. Datos transformados $\sqrt{x+1}$	77
18. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable peso seco de raíces..	78
19. Análisis de costos generales	82
20. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio	83

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Porcentaje de sobrevivencia.....	58
2. Número de brotes por estaca.....	63
3. Número de raíces por estaca.....	68
4. Longitud de raíz mayor.....	72
5. Volumen de raíces por estaca.....	76
6. Peso seco de raíces.....	80
7. Croquis de la distribución de los tratamientos en el campo experimental.....	107
8. Croquis de la distribución de las bolsas en cada repetición por tratamiento.....	108
9. Croquis del tinglado.....	108
10. Plantado de las estacas en el sustrato.....	109
11. Conteo de brotes de las estacas.....	109
12. Conteo de raíces por estaca.....	109

I. INTRODUCCION

El "Sacha inchi" (*Plukenetia volubilis*, L.) es una oleaginosa nativa de la Amazonía, que pertenece a la familia Euphorbiaceae y que se encuentra distribuida desde América Central hasta Bolivia. La primera mención científica del "Sacha inchi" fue hecha en 1980 a consecuencia de los análisis de contenido graso y proteico realizados por la Universidad de Cornell en USA, los que demostraron que las semillas del "Sacha Inchi" tienen alto contenido de proteínas (33%) y aceite (49%), es por eso el "Sacha inchi" constituye un cultivo nativo con posibilidades de industrialización y con potencial de rendimiento económico.

En la selva mediante proyectos y programas de desarrollo local y regional vienen priorizando la siembra de este cultivo, para lo cual se necesita de material propagativo con características óptimas de producción. Este cultivo se puede propagar en forma sexual (semillas) siendo ésta la más difundida, pero considerando que es una planta de polinización cruzada, el resultado de su progenie es muy variable. Por otro lado, la propagación asexual (estacas) es poco utilizada, resalta su importancia en el sentido que al utilizar material vegetativo, se tiene la certeza que se está usando material seleccionado con características de alto rendimiento y/o tolerantes a plagas y enfermedades, además de garantizar la pureza del ecotipo o clon. También es preciso mencionar, que bajo esta forma de propagación se está logrando preservar muchos de los ecotipos de este cultivo con características deseables desde el punto de vista productivo. Para la propagación en forma vegetativa (estacas) se

utiliza productos enraizadores que contengan componentes activos como auxinas, entre ellas el AIB (Ácido indolbutírico) ha demostrado tener según estudios realizados el mejor efecto estimulante de raíces adventicias en estacas; pero este no es el único factor decisivo para provocar el enraizado, también pueden influir la textura del sustrato o medio de enraizamiento con sus diferentes capacidades de retención de agua, contenido de materia orgánica, oxigenación y la fertilidad del mismo.

En el presente trabajo está planteado como hipótesis de que la magnitud en la producción de raíces adventicias en estacas depende, entre diversas condiciones, del tipo de sustrato a utilizar en el enraizamiento y de la aplicación de reguladores de crecimiento en este caso enraizadores.

La realización del presente trabajo tuvo los siguientes objetivos:

- a. Determinar el efecto de seis tipos de sustrato en el enraizamiento de estacas de (*Plukenetia volubilis* L.) y su respuesta a la propagación asexual, con y sin aplicación de AIB (Rapid Root ®).
- b. Determinar el análisis de costos de los tratamientos en estudio.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Aspectos botánicos del sachá inchi

2.1.1. Clasificación botánica

La clasificación botánica de la planta según (GILLESPIE, 1993-1997) es la siguiente:

Rein	:	Plantae
Sub reino	:	Fanerógamas
Clase	:	Magnoliopsida (Angiospermae)
Subclase	:	Roside
Orden	:	Euphorbiales
Familia	:	Euphorbiaceae
Sub Familia	:	Alcalyphoidae
Tribu	:	Plukenetieae
Sub Tribu	:	Plukenetiinae
Género	:	<i>Plukenetia</i>
Especie	:	<i>Volubilis</i> Linneo.
Nombre científico	:	<i>Plukenetia volubilis</i> L.
Nombre común	:	“Sachá inchi”, “maní del monte”

2.1.2. Morfología

Es una planta trepadora, voluble, semileñosa, de crecimiento indeterminado, que presenta hojas alternas, de color verde oscuro, oval-elípticas, aseruladas, el ápice es puntiagudo, y la base es plana o semiarriñonada. Las flores masculinas, son pequeñas, blanquecinas dispuestas en racimos; las flores femeninas se encuentran en la base del racimo y ubicadas lateralmente de una a dos flores. Los frutos son cápsulas dehiscentes de 3.5 a 4.5 cm de diámetro, con 04 lóbulos aristados (tetralobados) dentro de las cuales se encuentran 4 semillas, algunos ecotipos presentan cápsulas con 5 a 7 lóbulos. La semilla, en la mayoría de los ecotipos es ovalada, de color marrón oscuro, ligeramente abultadas en el centro y aplastadas hacia el borde. Según los ecotipos, el diámetro fluctúa entre 1.3 y 2.1 cm (VALLES, 1995 y MANCO, 2004).

Plukenetia volubilis L. es una planta monoica, que debido a su naturaleza florística es preferentemente de polinización cruzada. Presenta una asincronía entre la liberación del polen y la receptividad del estigma (Dicogamia de la clase Protoginia); lo que evita que la progenie reúna las mismas características de la planta madre ocasionando con esto, que la descendencia sea heterogénea y el genotipo parental resulta alterado, lo que origina pérdida gradual de materiales promisorios (CACHIQUE, 2006)

2.2. De la propagación

Por muchos años, la propagación por semilla fue el principal método para producir nuevas plantas de muchas ornamentales leñosas. Era la forma más barata de propagación para producir un gran número de nuevas plantas, desde un mínimo material almacenado. La propagación por semilla aún es usada frecuentemente para multiplicar muchas plantas que no pueden ser propagadas asexualmente. La mayor desventaja de la reproducción por semilla o propagación sexual, es el fracaso en producir plantas de la misma variedad. (HAMILTON y MIDCAP, 2002); asimismo no reproducen con fidelidad sus características (VALDÉZ, 1976).

2.2.1. De la propagación vegetativa

La reproducción asexual, es la reproducción empleando partes vegetativas de la planta original, esto 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 desdiferenciación, es decir 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 citados por RAMOS, 2004).

2.2.2. Propagación por estacas

Las estacas se dividen en tres grandes grupos, atendiendo a su origen. Estacas de raíz de rama o tallo y de hojas; sin lugar a dudas las más importantes son las estacas de rama o tallo, que, por su consistencia se dividen en: Herbáceas, semileñosas y leñosas.

Las estacas semileñosas se obtienen de ramas que no pasan de los dos años; no es condición indispensable que tengan hojas; el tamaño de las estacas no debe pasar de los 20 cm y como en las estacas herbáceas, se entierra solo la mitad de su longitud. Las estacas semileñosas enraízan más fácilmente; pero demoran más que las herbáceas (CUCULIZA, 1956).

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 más tipos de estacas, seleccionándose el tipo de acuerdo con la disponibilidad de material vegetativo y facilidad de su obtención (HARTMANN y KESTER, 1987), 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 (HARTMANN y KESTER, 1987), se conserva las características de la planta que se busca propagar, las plantas propagadas por estacas comienzan a producir más temprano que otras (SULLCA, 1992).

Existen algunos factores que pueden influenciar la propagación por estacas, entre ellas la posición de la estaca en la rama, 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).

El enraizamiento de estacas depende de las características del material vegetal, de las condiciones ambientales y del sustrato empleado. La importancia relativa de estos factores está determinada finalmente por la capacidad de enraizamiento de la especie que se desea propagar (Alpi y Tognoni, 1984 citados por GERDING *et al.*, 1996).

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 GUTIÉRREZ, 2003).

2.3. Origen anatómico de las raíces adventicias

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 está asociado con la maduración, posiblemente constituye una barrera anatómica para el enraizamiento (HARTMANN y KESTER, 1987).

a. 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 fenólico (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

2.4.1. Selección del material para estaca

a. 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 (Presston 1953; Samish, 1957 citados por GANDULFO, 1983). Este efecto que puede estar relacionado con un estado fisiológico dado del tejido, puede asociarse con ciertas relaciones carbohidratos/nitrógeno (HARTMANN y KESTER, 1987). Se

demostró que una alta relación carbono-nitrógeno promovía el enraizamiento, se ha estudiado la relación entre el contenido de carbohidratos y el enraizamiento Krauss y Kraybill (1918), citados por GANDULFO (1983).

No está claro porque un alto nivel de nitrógeno no origina buen enraizamiento, pero, es probable, que los tejidos con alto contenido de nitrógeno, tengan un desarrollo suculento con poco abastecimiento de carbohidratos, y que también, puedan ser pobres en otros componentes necesarios para el enraizamiento (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). El desarrollo de este primordio, se relaciona también con la desaparición del almidón desde la endodermis, floema, xilema y médula, en las estacas (Molnar y Lecroix, 1972 citados por GANDULFO, 1983).

Según el tratamiento con hormona exógena, se puede aumentar la actividad enzimática, lo que explicaría la alta frecuencia con que las estacas tratadas enraízan. Una acelerada disminución del almidón en las estacas tratadas en relación con las no tratadas, previo a un engrosamiento en la zona basal, lo que podría indicar un mayor consumo de energía, usada en una mayor proliferación celular. Sin embargo, opinan que lo anterior no significa

que el almidón juegue un rol en la rizogénesis sino que, más bien, contribuye a los requerimientos energéticos del proceso (VIETEZ y VIETEZ, 1980).

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 y Haissig, 1982 citados por TORRES, 2003).

b. Época

La época del año en que se hagan las estacas puede, en algunos casos, ejercer una marcada influencia en el enraizamiento. Las especies siempreverdes, tanto de hoja ancha como angosta tienen durante un año, uno o más períodos de crecimiento y se pueden obtener estacas de diferentes épocas relacionadas con la temporada de desarrollo, las que enraízan con mayor facilidad cuando se toman una vez que han completado el

ciclo de crecimiento y la madera está parcialmente dura (HARTMANN y KESTER, 1987).

c. Naturaleza y edad de la planta madre

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 (Fachinello *et al.*, 1995 citados por BASTOS, 2006; HARTMANN y KESTER, 1987); así mismo mencionan que esta relacionado con el factor de juvenilidad (Gillespie, 1956; Halma, 1963 citados por GANDULFO (1983).

La baja capacidad de enraizamiento de estacas provenientes de material adulto, se puede deber a que en la copa, los brotes están compitiendo por agua y por nutrientes debido al efecto de sombreado 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 (Leahey y Mesen, 1991 citados por NUÑEZ, 1997); este hecho se relaciona según Fachinello *et al.* (1995) citados por BASTOS (2006); HARTMANN y KESTER, (1987), al aumento en el contenido de inhibidores y disminución en el contenido de cofactores, en la medida que la planta vaya tornándose a su estado adulto.

d. 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 (cofactores) 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 GUTIÉRREZ, 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 CO₂, para realizar la fotosíntesis (Leakey, 1985 citado por GUTIÉRREZ, 2003).

2.4.2. Tratamiento de las estacas con reguladores de crecimiento

Las hormonas de las plantas (o fitohormonas), son reguladores producidos por las mismas plantas, que en bajas concentraciones, regulan los procesos fisiológicos de aquéllas. Por lo común, las hormonas se desplazan en el interior de las plantas de un lugar de producción a un sitio de acción. En

cambio, al referirse a productos sintéticos que se utilicen para controlar cultivos, éstos deben ser llamados reguladores del crecimiento (WEAVER, 1980).

Respecto de los reguladores del crecimiento, se afirma que la actividad de éstos, generalmente, ocurre porque la sustancia de crecimiento aplicada, sustituta de la hormona, afecta su síntesis, catabolismo, conjugación, transporte o sitios de recepción. Debe destacarse que la respuesta de una planta o una parte vegetal a cierta sustancia del crecimiento pueden variar según la especie y la variedad (PREECE, 1987).

Tanto los estudios experimentales como los resultados de investigaciones básicas, han recomendado el empleo de sustancias sintéticas de crecimiento en la agricultura, donde adquieren una importancia similar a la de los pesticidas y fungicidas (WEAVER, 1980).

El propósito de tratar las estacas con reguladores de crecimiento es aumentar el porcentaje de enraizamiento, reducir el tiempo de iniciación de raíces y mejorar la calidad del sistema radical formado (Hartmann y Kester, 1983 citados por MESÉN, 1998).

Por otro lado mencionan que la aplicación de reguladores de crecimiento para el enraizamiento se torna necesaria cuando el balance citoquinina/auxina se encuentra muy alto. Por lo tanto, es necesario que haya un balance adecuado, especialmente auxinas, giberelinas y citoquininas, o sea, un equilibrio entre promotores e inhibidores del proceso de iniciación radicular.

La manera más común de promover ese equilibrio es a través de la aplicación exógena de reguladores de crecimiento sintéticos, como AIA (ácido 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 y Wendling *et al.*, 2000 citados por TORRES, 2003).

Por el contrario experimentos realizados en propagación vegetativa de morera (*Morus alba* L.), el tratamiento con hormona no reporta valores superiores en el proceso de enraizamiento, debido posiblemente a la concentración utilizada en el ensayo. En este sentido, Chandrasheka *et al.* (1996) citados por MORENO *et al.* (2001), muestran que el porcentaje de supervivencia decrece con el incremento de la concentración de ácido indolbutírico, a pesar que su uso revela resultados superiores en comparación con los otros reguladores de crecimientos como el ácido 2,4 - diclorofenoxiacético y ácido naftalenoacético. FAO (1988) citado por MORENO *et al.* (2001), reporta información similar para promover el enraizamiento de estacas de morera, sin embargo, los resultados muestra que su uso no es requerido para lograr un buen éxito de enraizamiento.

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 cofactores 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 parenquimáticas, desde su lugar de formación hacia los haces vasculares del tallo y a diferencia de lo que ocurre con los azúcares, iones y otros solutos, que se transportan a través de los tubos cribosos del floema; este transporte, célula a célula, se caracteriza por ser más lento; además, es un transporte polar, es decir, siempre basipétalo (Strasburger, 1994 citado por HENRIQUEZ, 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 más a menudo que el ácido naftalenacético (ANA) o cualquier otra auxina (SALISBURY y ROSS, 2000); ha resultado también ser el más eficaz en estudios con diferentes productos rizógenos (BALDINI, 1992); 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 más tiempo en el sitio de aplicación donde puede ejercer un mayor efecto (MESÉN, 1998). Parece ser que el enraizamiento y por ende el efecto de las auxinas, está relacionado con la luz (BALDINI, 1992).

Las auxinas pueden ser aplicadas de varias formas, pero en general, los métodos más utilizados son la aplicación en mezclas con talco neutro (MESÉN, 1998). Estos materiales traen instrucciones completas para su uso, junto con una lista de las plantas que con más seguridad responden a cada preparación. Las especies leñosas difíciles enraizar, se deben tratar con preparaciones más concentradas, en tanto que las especies tiernas, suculentas y de enraíce fácil se deben tratar con materiales de menor concentración. En las estacas se deben hacer cortes frescos poco antes de sumergirlas en el polvo. El polvo que se adhiere a las estacas después de haberlas sacudido ligeramente, es suficiente para producir el efecto deseado (HARTMANN y KESTER, 1987; SULLCA, 1992). Si hay poca o ninguna humedad natural en la base de las estacas se puede humedecer presionando con una esponja mojada y así se les adherirá más polvo. Las estacas se deben insertar en el medio inmediatamente después del tratamiento. Para evitar que se caiga el polvo al encajar las estas en el medio se puede hacer una cavidad con un palo de madera, antes de insertar las estacas.

Las preparaciones comerciales de talco tienen la ventaja de poderse conseguir con facilidad y ser de fácil uso; pero puede ser difícil tener

resultados uniformes debido a la cantidad variable de sustancia que se adhiere a las estacas (HARTMANN y KESTER, 1987).

2.4.3. Condiciones ambientales durante el enraizamiento

a. 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 está 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 agravado 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 alrededor de las estacas tiene 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).

b. Efecto de la temperatura

Se señala que el crecimiento vegetal es extremadamente sensible a la temperatura (SALISBURY y ROSS, 1994); 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 el desarrollo y crecimiento radicular (Xavier, 2002 citado por TORRES, 2003). Debido a que las temperaturas dependen del nivel de irradiación, el uso de sombra es una medida efectiva para prevenir un aumento en la temperatura del sustrato de enraizamiento y del aire que rodea las estacas (Leakey y 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 precisión en las temperaturas explica que a menudo, variaciones de baja intensidad implican un cambio significativo en la tasa de crecimiento (SALISBURY y ROSS, 1994).

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).

c. Efecto de la luz

La irradiación, el fotoperiodo 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 y 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 está 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 inhibitoras 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).

d. Medio de enraizamiento

El crecimiento y morfología de las raíces sigue un control genético, pero también influye su entorno edáfico; y 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 (Salisbury, 1991 citado por HENRIQUEZ, 2004).

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 más apropiado para extraer y volver a plantar (HARTMANN y KESTER, 1987).

RICHARDS *et al.* (1964), mencionan que hay diversos medios y mezclas que se usan con el fin de hacer enraizar estacas. Para obtener buenos resultados se requieren las siguientes características:

- El medio debe ser lo suficientemente firme y denso para mantener las estacas en su sitio durante el enraíce; su volumen no debe variar mucho, ya sea seco o mojado; resulta perjudicial que tenga un encogimiento excesivo al secarse.

- Debe retener la suficiente humedad para que no sea necesario regarlo con mucha frecuencia.
- Debe ser lo suficientemente poroso, de modo que se escurra el exceso de agua y permita una aireación adecuada.
- Debe estar libre de malezas, nemátodos y patógenos.
- No debe tener un nivel excesivo de salinidad.
- Debe poderse esterilizar con vapor o químicos sin que sufra efectos nocivos.
- Debe existir una adecuada provisión de nutrientes para todo el período, aunque suplementaciones con fertilizantes de lenta liberación son frecuentemente recomendados.

De igual modo, Avanzato y Cherubine (1993) citados por PEREIRA (2003), dicen 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.

GUTIERREZ (2003), menciona que el factor más importante asociado con el medio de enraizamiento es la aireación. 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. Según Evans (1951) citado por LEAL *et al.* (1994) una atmósfera de suelo saturada, particularmente cuando carece de oxígeno, permite muchas 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. Erickson (1957), citado por ENRIQUEZ (1985), menciona que siempre existe el peligro de que el medio enraizador pueda saturarse de agua. Con un medio enraizador propenso a la saturación se origina una escasez de aireación, se producen formaciones callosas que emergen de las lenticulas en la parte inferior del tallo y las estacas no pueden sobrevivir.

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).

SALISBURY (1994), menciona que aparte del oxígeno existen varios factores como la textura del suelo, concentración de dióxido de carbono, y que la luz y reguladores de crecimiento, también parecen ser importantes.

En estudios de enraizamiento realizados en estacas de cacao se encontró un 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 GUTIÉRREZ, 2003).

En estudios realizados en el CATIE, han empleado sustratos fáciles de conseguir, generalmente grava fina, arena, aserrín descompuesto y mezclas de estos materiales. La arena fina en general ha dado buenos resultados con la mayoría de las especies (MESÉN, 1998).

Longman (1993) citado por MESÉN (1998), indica que no se debe aplicar fertilizantes al sustrato ya que la iniciación de las raíces es un proceso interno, controlado hormonalmente, que no es afectado por el nivel nutricional del sustrato; además el uso de fertilizantes puede estimular el crecimiento de algas y musgos en la superficie del medio.

Por otro lado, ZVALETA (1992) menciona que en un suelo de textura franco arenoso el porcentaje ideal de agua en el suelo es de 12 - 17% que es el óptimo para la capacidad de campo de dicho sustrato.

MENDOZA (2006), menciona que con el sustrato de tierra + arena (2:1) + núcleo de arena obtuvo el mejor resultado en la característica longitud de raíz, en el enraizamiento de estacas de cacao clon CCN - 51, debiéndose al efecto del núcleo de arena.

Asimismo, LEAL *et al.* (1994), en un experimento conducido en un propagador de neblina, con sombreado de 50%, utilizando como sustrato arena, cascarilla 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".

En un experimento efectuado por LAMA (2005), se evaluó el efecto del AIB y el humus de lombriz en el enraizado de estacas de dos clones de cacao en Tingo María, encontrando como mejor sustrato arena + tierra 1:1, atribuyéndole el resultado a la adecuada aireación y retención de agua del sustrato.

2.5. Característica del fitorregulador utilizado

a. Rapid Root® (Ácido indolbutírico)

Es una hormona a base de ácido indolbutírico, la cual es responsable de inducir el rápido crecimiento radicular en estacas, acodos, esquejes en diversas variedades y especies de plantas; facilita la formación de raíces y pelos absorbentes en la propagación asexual, incrementa rápidamente el prendimiento y vigor de las plantas; lo cual le confiere ventaja frente a las que no han sido tratadas ya que el rápido enraizamiento permitirá que la planta sea más resistente indirectamente al ataque de algún fitopatógeno del suelo. Se emplea directamente a la parte basal de la estaca por impregnación o adherencia del producto cuya presentación es en polvo (VADEMECUM AGRARIO, 2004-2005).

- **Época de aplicación:** Al momento del enraizado.
- **Dosis:** 450 g para enraizar 10 000 estacas.
- **Categoría toxicológica:** III (Ligeramente peligroso).

2.6. Característica del desinfectante de suelo

a. Pentacloro Farmex ® (Pentacloronitrobenceno)

Es un compuesto orgánico empleado para prevenir algunas enfermedades producidas por hongos que habitan en el suelo o son transmitidas por semillas. Tiene una alta estabilidad en cualquier tipo de suelo y actúa bien sobre hongos que se desarrollan a baja temperatura y alta humedad. Es compatible con casi todos los plaguicidas a pH 7 o menos debiendo evitarse los medios fuertemente alcalinos. Puede ser aplicado directamente al suelo en espolvoreo al fondo del surco poco antes de la siembra y tal como viene el producto. También se aplica diluyendo la dosis (45 g/m^2) en un balde de 8 litros y luego completar hasta llegar al volumen final de aplicación (VADEMECUM AGRARIO, 2004-2005).

2.7. Agregados orgánicos

2.7.1. Estiércol de vacuno

El estiércol está formado por una mezcla de la cama de los animales y de deyecciones, que han sufrido fermentaciones más o menos avanzadas en el establo y después en el estercolero (GROSS, 1971).

Cuadro 1. Componentes del estiércol de vacuno

Especie	Nitrógeno (%)	Fósforo (%P ₂ O ₅)	Potasio (%K ₂ O)	Salinidad		
				CE (mmhos cm ⁻¹)	pH	C/N
Vacuno (Estiércol seco)	1.95	3.43	3.33	19.0	7.8	34.9
Vacuno (estiércol fresco)	2.09	2.86	1.41	36.0	8.3	38.8

Fuente: GUERRERO (1993).

2.7.2. Gallinaza

La gallinaza es también un preciado abono orgánico, rico en nitrógeno y contiene todos los nutrientes indispensables en mayor cantidad que los estiércoles de otros animales (Cuadro 2) (GUERRERO, 1993; LEÓN, 1971).

Cuadro 2. Componentes de la gallinaza

N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
3	1.82	1.27	1.55	0.57	2830	196	32	135

Fuente: GUERRERO (1993).

2.7.3. Cascarilla de arroz

El tamaño de partícula es ligeramente mayor a la de aserrín. La cascarilla es incorporada con facilidad en un medio para mejorar el drenaje. La cascarilla de arroz es de peso ligero, uniforme en grado y calidad, más resistente a la descomposición y posee menor efecto en la reducción del nitrógeno por los microbios del suelo; no introduce plagas, además también menciona de ser un material rico en carbono (GROSS, 1971).

2.8. Agregados gruesos

a. Arena

La arena se usa mucho como medio para enraizar estacas. Es relativamente poco costosa y fácil de obtener. Sin embargo, la arena no retiene humedad como lo hacen otros medios para enraizado y necesita regarse con más frecuencia. La arena debe ser lo suficientemente fina como para retener algo de humedad alrededor de las estacas y lo bastante gruesa para permitir que el agua se drene a través de ella.

En plantas siempre verdes, la arena es probablemente el mejor medio de enraíce que pueda usarse; sin embargo, las estacas de algunas especies enraizadas en arena producen una raíz larga, no ramificada y quebradiza, en contraste con los sistemas radicales que se desarrollan en otros medios (HARTMANN y KESTER 1987).

2.9. Antecedentes de la propagación por estacas en sachá inchi

El método más adecuado de propagación en cualquier especie, depende en gran medida del tipo de material que se utilice. El "sachá inchi", planta nativa de la región amazónica, se propaga comúnmente por semilla, aunque también se puede realizar la propagación asexual por estacas, según el ensayo preliminar realizado en la Estación Experimental "El Porvenir". En dicho ensayo se utilizaron diferentes tipos de estacas: estaca apical, estaca media y estaca basal utilizando arena como sustrato en todos los casos, además se empleó un testigo de semilla botánica. La estaca basal, resultó ser el mejor material de propagación, pues tuvo un mejor prendimiento, aunque no se llegó a realizar el trasplante (MANCO, 1996 – 2003).

En trabajos realizados en vivero del Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana de San Martín (IIAP), se utilizó tres tipos de estaca (apical, intermedia y basal) con 8 cm de longitud por estaca y empleando arena como sustrato que fue desinfectada con hipoclorito de sodio al 5.25%; todo el experimento se llevó a cabo en el interior de una cámara de subirrigación; se obtuvo que para el enraizamiento fue imprescindible la aplicación de ácido indolbutírico (AIB), con dosis de 0.15 – 0.20% para las estacas intermedias y basales y que para el caso de las estacas apicales no fue significativo realizar esta aplicación (RUÍZ, 2008).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del campo experimental

El presente trabajo se realizó en el Fundo Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Selva, 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.

3.1.1. Condiciones climáticas

Las condiciones agro-climáticas están dadas de acuerdo al Cuadro 3, correspondiente a los meses durante los cuales se condujo el presente experimento.

Cuadro 3. Datos climáticos de enero a abril del 2008 correspondiente al periodo experimental.

Meses	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
	Mínima	Máxima	Media		
Enero	20.80	28.80	24.80	85.00	501.90
Febrero	20.50	28.10	24.30	88.00	608.40
Marzo	20.40	28.30	24.40	88.00	400.50
Abril	20.80	29.60	25.20	85.00	232.40

Fuente: Estación Meteorológica José Abelardo Quifones - Tingo María

3.1.2. Análisis del sustrato

El análisis de los sustratos se realizó cuando las proporciones de tierra agrícola y materia orgánica estuvieron mezcladas.

Cuadro 4. Análisis físico – químico de los sustratos en estudios.

Parámetro	Sustratos					
	A	TA	TA + NA	TA + CA	TA + EV	TA + G
Ao (%)	80	68	76	64	64	64
Li (%)	14	22	16	22	24	30
Ar (%)	6	10	8	14	12	6
Clase textural	Ao. Fo	Fo	Fo. Ao	Fo	Fo	Fo
pH (1:1)	7.2	6.3	6.4	6.5	6.8	6.7
Materia orgánica (%)	0.4	3.4	3.2	3.1	3.2	3.1
Nitrógeno (%)	0.02	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14
Fósforo (ppm)	7.30	10.00	10.30	10.30	10.60	10.40
Potasio (K ₂ O kg ha ⁻¹)	281	298	301	302	306	300
CIC (me/100 g suelo)	6.54	7.10	6.90	6.83	6.70	6.24
Ca (me/100 g suelo)	4.10	4.00	4.20	4.40	4.20	4.00
Mg (me/100 g suelo)	1.40	1.40	1.20	1.20	1.30	1.00
K (me/100 g suelo)	1.00	1.30	1.20	1.20	1.00	1.20
Na (me/100 g suelo)	0.04	0.40	0.30	0.03	0.20	0.04

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

TA: Tierra agrícola; NA: Núcleo de arena; CA: Cascarilla de arroz; EV: Estiércol de vacuno; G: Gallinaza

A: Arena

El Cuadro 4, muestra el resultado del análisis de los sustratos donde se obtuvo que el primer sustrato, arena, presentó textura arenoso franco con pH neutro, contenido de materia orgánica bajo al igual que en el contenido de potasio y de la CIC, el fósforo estuvo en nivel medio; el segundo sustrato, tierra agrícola, presentó textura franca con pH ligeramente ácido y contenido de materia orgánica medio al igual que el fósforo, el potasio y la CIC estuvieron en niveles bajos; el tercer sustrato (tierra agrícola con núcleo de arena), el cuarto sustrato (tierra agrícola + cascarilla de arroz) y el quinto sustrato (tierra agrícola + estiércol de vacuno), presentaron un contenido de materia orgánica medio al igual que con el fósforo y el potasio, por el contrario la CIC que presentaron estos sustratos fue baja, solo se diferenciaron en la textura (franco arenoso, franca y franca respetivamente) y en el pH (ligeramente ácido, ligeramente ácido y neutro). El sexto sustrato, tierra agrícola + gallinaza, presentó una textura franca con pH neutro, el contenido de materia orgánica y de fósforo estuvieron en un nivel medio, el potasio y la CIC por el contrario mantuvieron niveles bajos.

3.1.3. 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 tuvo un área de 12 m² (1.2 x 10 m); el terreno en el que se encuentra el vivero es de topografía plana.

3.2. Componentes en estudio

3.2.1. Material vegetativo

- Estacas de "Sacha Inchi" (*Plukenetia volubilis*, L.).

3.2.2. Tipos de sustrato

- Arena
- Tierra agrícola
- Tierra agrícola + Núcleo de arena
- Tierra agrícola + Cascarilla de arroz (4:1)
- Tierra agrícola + Estiércol de vacuno (4:1)
- Tierra agrícola + Gallinaza (4:1)

3.2.3. Acido indolbutírico

- Con aplicación de AIB (Rapid Root ®)
- Sin aplicación de AIB (Rapid Root ®)

3.3. Tratamientos en estudio

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamientos	Descripción
T ₁	Arena - Con aplicación de AIB
T ₂	Tierra agrícola - Con aplicación de AIB
T ₃	Tierra agrícola + Núcleo de arena - Con aplicación de AIB
T ₄	Tierra agrícola + Cascarilla de arroz (4:1) - Con aplicación de AIB
T ₅	Tierra agrícola + Estiércol de vacuno (4:1) - Con aplicación de AIB
T ₆	Tierra agrícola + Gallinaza (4:1) - Con aplicación de AIB
T ₇	Arena - Sin aplicación de AIB
T ₈	Tierra agrícola- Sin aplicación de AIB
T ₉	Tierra agrícola + Núcleo de arena - Sin aplicación de AIB
T ₁₀	Tierra agrícola + Cascarilla de arroz (4:1) - Sin aplicación de AIB
T ₁₁	Tierra agrícola + Estiércol de vacuno (4:1) - Sin aplicación de AIB
T ₁₂	Tierra agrícola + Gallinaza (4:1) - Sin aplicación de AIB

3.4. Diseño experimental

Para el presente trabajo se aplicó el diseño completamente al azar (DCA) con cuatro repeticiones, cada repetición estuvo compuesta por 15 bolsas. Los promedios fueron sometidos a la prueba de Duncan con un nivel de significancia de 0.05 de probabilidad.

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es la respuesta del j - ésima repetición con el i - ésimo sustrato

μ = Efecto de la media general.

τ_i = Efecto del i - ésimo sustrato.

ϵ_{ij} = Es la variación del error asociado con las ij unidades.

Análisis de variancia

Cuadro 6. Esquema del análisis de variancia.

Fuente de variación	GL
Tratamiento	11
Error experimental	36
Total	47

3.5. Disposición experimental

Dimensiones del vivero

Ancho 1.2 m.

Largo 10 m.

Área total 12 m²

Tratamientos

Número repeticiones/tratamiento	4
Número total tratamientos	12

Estacas

Número de estacas/bolsa	1
Número de estacas/repetición	15
Número de estacas/tratamiento	60
Número de total de estacas	720
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 cual tuvo un periodo de descanso y no fue empleada en otros cultivos; también se utilizó arena lavada que se obtuvo a orillas del río Huallaga; la materia orgánica se obtuvo de las camas de estiércol y galpón de aves de la Facultad de Zootecnia y la cascarilla de arroz parcialmente descompuesto del Fundo Agrícola de la Facultad de Agronomía.

El llenado del sustrato se ejecutó cuando los insumos tuvieron una consistencia suelta y se realizó en bolsas de polietileno de color negro de 10 x 24 cm, dejando sin llenar para todos los casos 1 cm en la parte superior. Para el presente trabajo se utilizó seis tipos de sustrato; el primer sustrato

utilizado fue arena, el segundo sustrato fue tierra agrícola, el tercer sustrato fue tierra agrícola con núcleo de arena, el cuarto fue una mezcla de tierra agrícola + cascarilla de arroz, en una proporción (4:1), el quinto sustrato utilizado fue una mezcla de tierra agrícola + estiércol de vacuno, en una proporción (4:1), el sexto sustrato corresponde a una mezcla de tierra agrícola + gallinaza, en una proporción (4:1). Las proporciones de tierra agrícola y materia orgánica que se utilizaron en las mezclas fueron en relación al volumen.

Para el caso del sustrato con núcleo de arena, primero se procedió a llenar con tierra la bolsa de polietileno hasta 2 cm por debajo del borde luego se hizo un hoyo de 7 cm de profundidad, por 5 cm de diámetro el cual se llenó con arena.

3.6.2. Desinfección del sustrato

Luego de que las bolsas estuvieron llenas con cada sustrato y una semana antes de plantar las estacas se procedió a la desinfección para lo cual se utilizó Pentacoloro Farmex ® (Pentacloronitrobenceno) a razón de 45 g/m² en forma de riego. Utilizándose en total 450 g en 10 m², con un gasto de agua de 50 L, correspondiendo a cada bolsa 69 ml de solución la que se aplicó con un recipiente graduado. Esta aplicación sólo se realizó una vez en la etapa inicial.

3.6.3. Preparación de la cama de vivero

El vivero en donde se instaló el experimento es considerado de acuerdo a la permanencia como temporal. La cama de vivero cuenta con un área de 12 m² y estuvo delimitado con un borde de ladrillo que sobresale 15 cm

del suelo. Las labores que se realizaron en esta área de propagación fueron: 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 con el sustrato.

3.6.4. Construcción del tinglado

Se emplearon como postes ocho bambúes de 15 cm de diámetro con una altura de 2.3 m, se introdujeron en el suelo 40 cm quedando disponible 1.9 m sobre el cual se colocó como techo un emparrillado de bambú que cubría un área de 4 x 12 m logrando con esto una sombra de 70 – 75% aproximadamente, sobre éste se colocó un plástico transparente para evitar el ingreso de agua producto de las lluvias; la altura de sombra final fue de 1.80 m (Anexo, Figura 9).

3.6.5. Obtención y preparación del material de propagación

Las plantas madres para la obtención de las estacas fueron de una plantación de "Sacha inchi", ubicada en la localidad de Pumahuasi, de 2 años de edad. La extracción de las estacas se inició a la seis de la mañana, se cortaron las ramas plagiotrópicas (laterales), de donde se utilizó como material propagativo la parte media de estas; las estacas presentaron una coloración verde conformada por tejido semileñoso.

Una vez obtenidas se empaquetaron con periódicos humedecidos para ser transportados al vivero de enraizado, una vez allí se procedió a uniformizar el tamaño de las estacas a 20 cm y a retirar todas las hojas. Luego

se desinfectaron con un fungicida (Protexin ® 500 FW, a una dosis de 30 ml/20 L de agua) por inmersión durante 5 segundos, quedando listas para entrar en contacto con el enraizador, para lo cual se retiró el exceso de humedad de las estacas con un trozo de tela.

3.6.6. Preparación y aplicación del enraizador

El producto utilizado fue Rapid Root ® (3000 ppm de AIB dosis comercial), que tiene como componente activo al ácido indol-3- butírico, el cual fue vertido en un recipiente (vaso de precipitación 250 ml), luego se introdujeron las estacas de 2 a 3 cm aproximadamente de tal manera que este quedase impregnado en la estaca.

3.6.7. Plantado de las estacas en el sustrato

Un día antes de realizar el plantado de las estacas se aplicó un riego ligero al sustrato con 150 ml de agua/bolsa. Previamente al plantado se realizó un hoyo en el sustrato de 7 cm de profundidad y 1.5 cm de diámetro con un palo preparado que en uno de los extremos tuviera una punta aguda ya una inclinación aproximada de 60 grados.

Luego se plantaron las estacas y se apretó el sustrato contra las estacas para que no exista vacíos alrededor. Después se realizó un riego superficial con una mochila fumigadora para humedecer el suelo, posterior a esto se distribuyó las cubiertas para cada estaca, procurando que esta labor sea lo más rápido posible para evitar la pérdida de agua en las estacas (Anexo. Figura 10).

3.6.8. Cubiertas de las estacas

Después de colocadas las estacas se realizó un riego superficial para humedecer el suelo, luego se colocó la cubierta plástica cerrando herméticamente. Se utilizó para esto bolsas plásticas transparentes de chupete en forma independiente para cada estaca, con la finalidad de formar una cámara húmeda en el interior de la bolsa; luego de 30 días fueron retiradas.

3.6.9. Labores culturales

Riego: se realizaron diariamente riegos ligeros al sustrato durante los 30 primeros días, en las horas más calurosas (mediodía), para bajar la temperatura del ambiente. Los riegos posteriores fueron realizados en forma periódica según los requerimientos del sustrato.

Control fitosanitario: se aplicó Ridomil ® al 1 por mil a los 50, 60 y 80 días. Se hizo el recojo de muestras y se llevó al laboratorio donde observó la presencia de *Fusarium sp.* y *Phytophthora sp.* en las estacas muertas.

Fertilización foliar: se aplicó Fetrlón Combi ® (fertilizante foliar 20-20-20) a los 70, 90 y 100 días, para fortalecer las plantas.

3.7. Evaluaciones registradas

3.7.1. Porcentaje de sobrevivencia

Esta evaluación se realizó al final del experimento (110 días).

3.7.2. Número de brotes por estaca

Se realizó por simple conteo y con ayuda de las manos, considerando para esto a 3 plantas seleccionadas por repetición en cada tratamiento.

3.7.3. Número de raíces por estaca

Se registró el número de raíces por estaca al final del experimento, la evaluación se realizó a las 3 plantas seleccionadas, para lo cual se retiró primero la tierra de las raíces con ayuda de una brocha, luego se realizó el lavado en agua y posteriormente se extrajo el exceso de agua con hojas de periódico, logrando con esto que el conteo de raíces sea más fácil.

3.7.4. Longitud de raíz mayor

Se midió la longitud de la raíz más larga por estaca de las 3 plantas seleccionadas por tratamiento y repetición. Se realizó a los 110 días de iniciado el trabajo experimental y se utilizó el promedio para el análisis estadístico.

3.7.5. Volumen de raíces por estaca

El procedimiento consistió en recortar las raíces de las 3 plantas seleccionadas de cada tratamiento y repetición. El volumen radicular se midió utilizando probetas graduadas, observando el cambio en la medida del agua producto de sumergir las raíces, obteniéndose por diferencia el volumen radicular.

3.7.6. Peso seco de raíces

El procedimiento consistió en cortar las raíces de las 3 plantas seleccionadas por repetición en cada tratamiento, se determinó el peso en fresco en la balanza analítica, luego se llevó a la estufa a 90°C durante tres días hasta que el peso de las muestras se mantuviera estable y luego se pesaron en la balanza analítica y se determinó con esto el peso seco.

3.7.7. Análisis de costos

Se registraron los costos de producción para ver su factibilidad económica y propuesta técnica utilizando para esto las fórmulas de Beneficio/Costo (B/C) y el Índice de Rentabilidad (IR).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Porcentaje de sobrevivencia

Para el porcentaje de sobrevivencia, no se pudo probar diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; es decir los tratamientos tuvieron un efecto similar (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de variancia del porcentaje de sobrevivencia. Datos transformados $\sqrt{x+1}$.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrados medios
Tratamiento	11	0.1211 NS
Error experimental	36	0.0345
Total	47	
C.V.		6.94%

NS: No existe diferencia estadística.

De acuerdo con la prueba de Duncan ($\alpha= 0.05$) para el porcentaje de sobrevivencia (Cuadro 8 y Figura 1), se observa que el tratamiento T₉ (tierra agrícola + núcleo de arena, sin aplicación de enraizador), tuvo el mayor porcentaje de sobrevivencia con 55.00%, seguido de los tratamientos T₃ (tierra agrícola + núcleo de arena, con aplicación de enraizador), T₂ (tierra agrícola, con aplicación de enraizador) y T₇ (arena, sin aplicación de enraizador) con 48.33%, 45.00% y 45.00% de sobrevivencia respectivamente; estos no presentaron diferencias estadísticas entre si y sin embargo sí se observaron

diferencias con los demás tratamientos; más aun con el tratamiento T₁₁ (tierra agrícola + estiércol de vacuno, 4:1, sin aplicación de enraizador) que obtuvo el más bajo porcentaje de sobrevivencia (31.67%).

Cuadro 8. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable porcentaje de sobrevivencia.

Trat.	Descripción de tratamientos	Porcentaje de sobrevivencia	
T ₉	Tierra agrícola + Núcleo de arena	55.00	a
T ₃	Tierra agrícola + Núcleo de arena*	48.33	ab
T ₂	Tierra agrícola*	45.00	abc
T ₇	Arena	45.00	abc
T ₄	Tierra agrícola + Cascarilla de arroz (4:1)*	41.67	bcd
T ₆	Tierra agrícola + Gallinaza (4:1)*	41.67	bcd
T ₁₀	Tierra agrícola + Cascarilla de arroz (4:1)	41.67	bcd
T ₅	Tierra agrícola + Estiércol de vacuno (4:1)*	38.33	bcd
T ₁	Arena*	36.67	bcd
T ₁₂	Tierra agrícola + Gallinaza (4:1)	36.67	bcd
T ₈	Tierra agrícola	35.00	cd
T ₁₁	Tierra agrícola + Estiércol de vacuno (4:1)	31.67	d

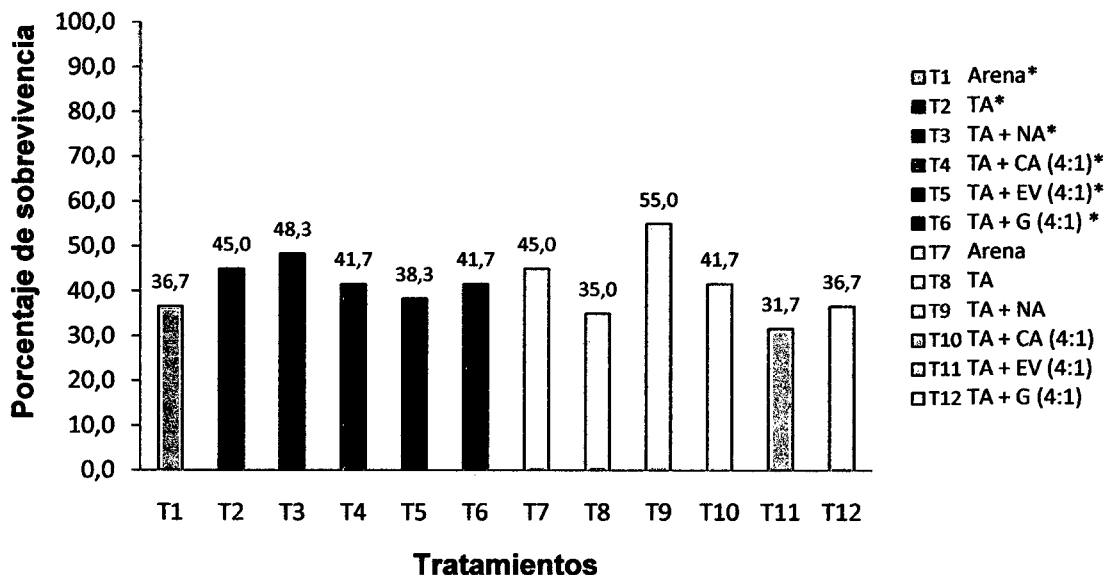
Promedios unidos por letras iguales no difieren entre sí.

* Con aplicación de Rapid Root ®

El bajo porcentaje de sobrevivencia logrado en los tratamientos se asocia a la presencia de enfermedades (*Phytophthora* sp.) durante el experimento, provocando pudriciones y con esto la muerte de las estacas en la etapa inicial y posteriormente cuando se retiró las cubiertas a las estacas.

El valor alcanzado por el tratamiento T₉, se debe posiblemente a la ubicación perimetral en la que este se encontraba dentro del vivero, lo que provocó que existiera un cierto grado de ventilación en estas áreas. Evans, (1951) citado por LEAL *et al.* (1994), menciona que una atmósfera de suelo saturada, particularmente cuando carece de oxígeno, provoca muchas pudriciones. Erickson (1957), citado por ENRIQUEZ (1985), asimismo dice que siempre existe el peligro de que el medio enraizador pueda saturarse de agua. Con un medio enraizador propenso a la saturación se origina una escasez de aireación, se producen formaciones callosas que emergen de las lenticulas en la parte inferior del tallo y las estacas no pueden sobrevivir. Del mismo modo, los resultados del tratamiento T₉ puede asociarse a la carencia de materia orgánica en el sustrato, lo cual pudo favorecer las condiciones del medio de enraizamiento; al respecto LAMA (2005), manifiesta que la materia orgánica causa un efecto negativo en las propiedades físicas del sustrato, ya que al retener mayor humedad ocasiona poca aireación originando la pudrición de las estacas. Este evento fue favorecido por la época en la que se llevó a cabo el experimento, abarcando los meses de Enero – Abril en donde las precipitaciones fueron muy intensas (1,743.2 mm total durante los cuatro meses), lo que ocasionó mayor retención de humedad en el sustrato, superando la capacidad de campo óptimo que según ZVALETA (1992) para

un suelo franco arenoso, ésta se encuentra entre 12 – 17% de humedad, el exceso de humedad del suelo ocasiona una disminución del crecimiento y desarrollo de la planta, incluso causando su muerte.



TA: Tierra agrícola; NA: Núcleo de arena; CA: Cascarilla de arroz; EV: Estiércol de vacuno; G: Gallinaza

* Con aplicación de Rapid Root ®

Figura 1. Porcentaje de sobrevivencia

Cabe resaltar que de acuerdo con los resultados, la aplicación de ácido indolbutírico (Rapid Root ®) en los tratamientos T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, T₆, no mostró gran influencia en el porcentaje de sobrevivencia; posiblemente la dosis comercial (0.30% de ácido indolbutírico) del producto aplicado (Rapid Root ®), produjo cierto grado de toxicidad en las estacas y con esto su muerte. Al respecto trabajos realizados por RUÍZ (2008), en estacas de “sacha inchi” obtuvo que a dosis de 0.20% de ácido indolbutírico se produjo un mayor

porcentaje de mortalidad. En este sentido, Chandrasheka *et al.* (1996) citados por MORENO *et al.* (2001), manifiestan que el porcentaje de supervivencia decrece con el incremento de la concentración de ácido indolbutírico, del mismo modo, HARTMANN y KESTER (1987), menciona que concentraciones más altas de las que pueden encontrarse en los tejidos pueden causar la muerte celular.

En relación a la formulación del producto aplicado en el experimento, HARTMANN y KESTER (1987), menciona que las preparaciones comerciales de talco tienen la ventaja de poderse conseguir con facilidad y ser de fácil uso; pero puede ser difícil tener resultados uniformes debido a la cantidad variable de sustancia que se adhiere a las estacas.

Por otro lado, Alpi y Tognoni, (1984) citados por GERDING *et al.* (1996), manifiesta que el enraizamiento de estacas depende de las características del material vegetal, de las condiciones ambientales y del sustrato empleado, del mismo modo la importancia relativa de estos factores está determinada finalmente por la capacidad de enraizamiento de la especie que se desea propagar.

4.2. Número de brotes por estaca

El Cuadro 9 indica que para la fuente número de brotes por estaca, no se pudo probar diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

Cuadro 9. Análisis de variancia del número de brotes por estaca evaluado a los 102 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrados medios
Tratamientos	11	0.0224 NS
Error experimental	36	0.0258
Total	47	
C.V.		10.14%

En la comparación de medias de la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable número de brotes por estaca (Cuadro 10 y Figura 2), se observa que no hubo diferencias estadísticas significativas en el número de brotes por estaca entre los tratamientos, sin embargo se observa que el tratamiento T₁₂ (tierra agrícola + Gallinaza (4:1), sin aplicación de enraizador), superó numéricamente a los demás tratamientos con 2.08 brotes por estaca. Estos resultados en los tratamientos se deben posiblemente a que el material utilizado en el experimento se extrajo de plantas con un estado nutricional adecuado, en este sentido Presston (1953) y Samish (1957), citados por GANDULFO (1983), mencionan que la nutrición de la planta madre puede ejercer una fuerte influencia en el desarrollo de raíces y tallos de las estacas; también puede asociarse la edad de la planta madre o donadora, teniendo en consideración que fueron plantas de 1.8 años de edad, lo cual produjo una concentración de carbohidratos acumulada en las estacas, los mismos que ayudaron a emitir brotes, Garcidueñas (1972), citado por VIERA y

SUQUILANDA (2007), manifiesta que un material rico en carbohidratos, da origen a yemas y brotes; sumado a esto las concentraciones hormonales presentes en las estacas como las citoquininas probablemente sean las responsables de la brotación de yemas, ya que éstas tienen un movimiento no polar (movimiento acropétalo) hacia el ápice (RAVEN *et al.*, 1992).

Cuadro 10. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable número de brotes por estaca evaluado a los 102 días.

Trat.	Descripción de tratamientos	Número de brotes	
		por estaca	
T ₁₂	Tierra agrícola + Gallinaza (4:1)	2.08	a
T ₂	Tierra agrícola*	1.91	a
T ₅	Tierra agrícola + Estiércol de vacuno (4:1)*	1.58	a
T ₈	Tierra agrícola	1.58	a
T ₁₀	Tierra agrícola + Cascarilla de arroz (4:1)	1.58	a
T ₆	Tierra agrícola + Gallinaza (4:1)*	1.50	a
T ₉	Tierra agrícola + Núcleo de arena	1.50	a
T ₁₁	Tierra agrícola + Estiércol de vacuno (4:1)	1.41	a
T ₃	Tierra agrícola + Núcleo de arena*	1.33	a
T ₄	Tierra agrícola + Cascarilla de arroz (4:1)*	1.33	a
T ₇	Arena	1.33	a
T ₁	Arena	1.25	a

Promedios unidos por letras iguales no difieren entre sí.

* Con aplicación de Rapid Root ®

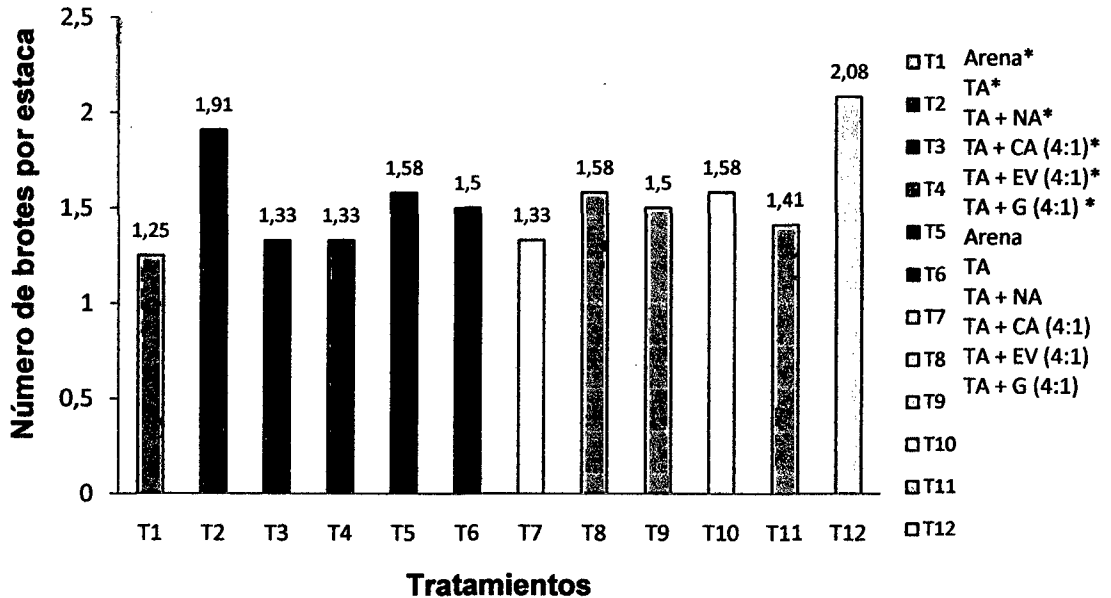
Es preciso mencionar también la mínima influencia que ejerce el enraizador (Rapid Root ®) en los tratamientos para la variable número de brotes por estaca, como lo muestran los valores obtenidos en los tratamientos T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, T₆, en donde se realizó la aplicación del enraizador, los mismos que no presentaron diferencias significativas con los tratamientos T₇, T₈, T₉, T₁₀, T₁₁, T₁₂, en donde no se aplicó el enraizador. RUÍZ (2008), menciona que al no aplicar auxinas en "Sacha inchi", el brote empieza a desarrollarse antes de la formación de raíces. Esto crea un punto de atracción de asimilados hacia los brotes, en competencia con la base de la estaca, lo cual reduce el enraizamiento

Estudios realizados por DÍAZ (1991) sobre enraizamiento de estacas juveniles de *Cedrela odorata* y *Gmelina arbórea* alcanzaron un 24% de brotación sin aplicación de AIB. Estudios realizados en enraizamiento de "sacha inchi", mostraron que el porcentaje de brotación está influenciado en la no aplicación de ácido indolbutírico.

Es importante mencionar que mientras la estaca no cuenta con adecuado sistema radicular no es posible que se presente una brotación abundante, ya que esto provoca un desequilibrio entre la fotosíntesis y respiración y/o las sustancias nutricionales de la estaca son empleadas para la formación de nuevos brotes y no de raíces, produciendo muerte eventual de la estaca (RUÍZ, 2008).

Asimismo, Hartmann y Kester (1977) citados por GERDING *et al.* (1996), mencionan que la aparición y crecimiento de brotes nuevos es una

característica no deseable durante el proceso de enraizamiento, pues puede ir en desmedro del desarrollo radicular.



TA: Tierra agrícola; NA: Núcleo de arena; CA: Cascarilla de arroz; EV: Estiércol de vacuno; G: Gallinaza

* Con aplicación de Rapid Root ®

Figura 2. Número de brotes por estaca

4.3. Número de raíces por estaca

Los resultados mostrados en el análisis de variancia (Cuadro 11) indican que para la variable número de raíces por estaca, no se pudo probar diferencias estadísticas significativas en los tratamientos, la cual se puede deber a la homogeneidad en la distribución de los tratamientos dentro del diseño experimental.

Cuadro 11. Análisis de variancia del número de raíces por estaca evaluado a los 110 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrados medios
Tratamientos	11	0.1784 NS
Error experimental	36	0.3719
Total	47	
C.V.		17.25%

En la comparación de medias de la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable número de raíces por estaca (Cuadro 12 y Figura 3), se muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos T₄ (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1, con aplicación de enraizador) quien presenta el mayor número de raíces emitidas por estaca (14.66 raíces) seguido de los tratamientos T₁₀ (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1, sin aplicación de enraizador) y T₉ (tierra agrícola + núcleo de arena, sin aplicación de enraizador) quienes alcanzaron un promedio de 13.58 y 13.33 raíces por estaca respectivamente; pero a la vez estos tratamientos presentaron diferencias estadísticas significativas con los demás tratamientos.

Estos resultados encontrados en los tratamientos nos indica que posiblemente el sustrato (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1) favoreció con sus características al comportamiento fisiológico de las estacas de "Sacha inchi"; ya que al combinar una adecuada humedad y aireación se facilitó el desarrollo radicular y la aparición de raíces (HARTMANN y KESTER, 1990).

Cuadro 12. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable número de raíces por estaca evaluado a los 110 días.

Trat.	Descripción de tratamientos	Número de raíces	
		por estaca	
T ₄	Tierra agrícola + Cascarilla de arroz (4:1)*	14.66	a
T ₁₀	Tierra agrícola + Cascarilla de arroz (4:1)	13.58	ab
T ₉	Tierra agrícola + Núcleo de arena	13.33	ab
T ₁₂	Tierra agrícola + Gallinaza (4:1)	12.91	bc
T ₂	Tierra agrícola*	12.91	bc
T ₃	Tierra agrícola + Núcleo de arena*	11.33	bc
T ₅	Tierra agrícola + Estiércol de vacuno (4:1)*	11.25	bc
T ₇	Arena	10.91	cd
T ₈	Tierra agrícola	10.75	ca
T ₆	Tierra agrícola + Gallinaza (4:1)*	10.66	cd
T ₁	Arena*	10.25	cde
T ₁₁	Tierra agrícola + Estiércol de vacuno (4:1)	9.50	e

Promedios unidos por letras iguales no difieren entre sí.

* Con aplicación de Rapid Root ®

Al respecto, en un estudio realizado en *Cryptomeria japonica*, el número de raíces por estaca 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). De igual forma HARTMANN y KESTER (1987), manifiesta que el medio de

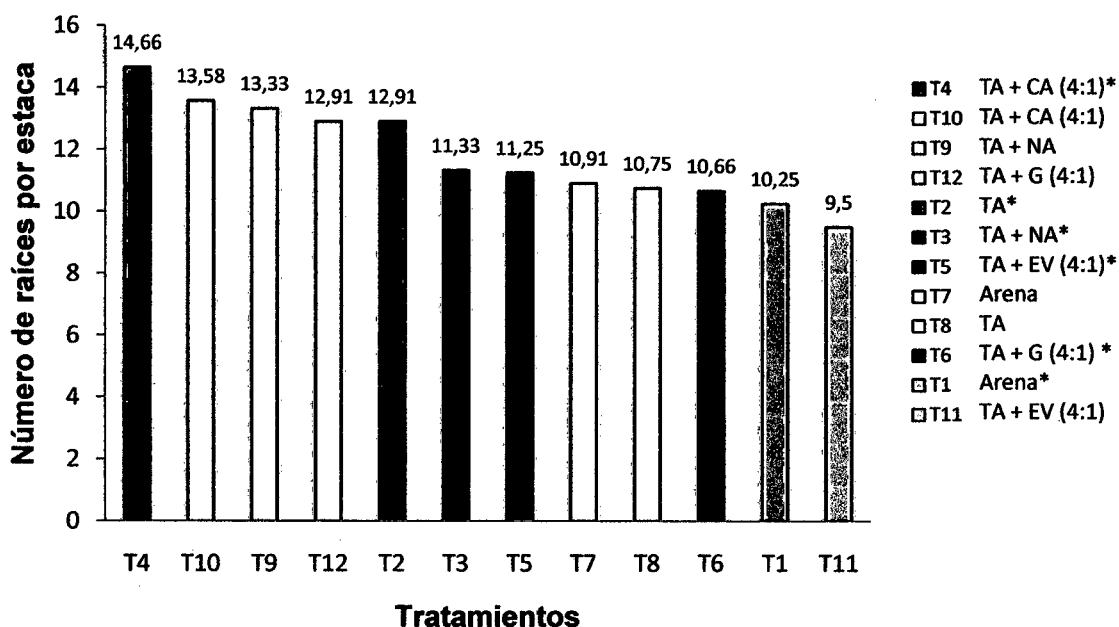
enraizamiento puede afectar el tipo de sistema radical que se originan de las estacas y que el tamaño de las partículas también interfiere en el enraizamiento de las estacas (Avanzato y Cherubine, 1993 citados por PEREIRA, 2003). Asociado a esto estaría la influencia que ejerce el material de propagación (estacas de sachá inchi) en el número de raíces, ya que un material rico en carbohidratos, da origen a yemas y brotes, los que aportan con vitaminas del complejo B requeridas en la formación de raíces (Garcidueñas, 1972) citado por VIERA y SUQUILANDA, 2007). Del mismo modo, Veierskov *et al.* (1982) citados por NUÑEZ (1997), mencionan que una de las funciones de los carbohidratos en algunas especies es el de producir un incremento en el número de raíces por estacas. Es preciso recalcar que como en todo proceso fisiológico se requiere de una fuente de energía que lleve a cabo dicho proceso; asimismo la iniciación de raíces necesita de cierta cantidad de energía y considerando que las sustancias lipídicas normalmente no son abundantes en los tallos, la degradación de carbohidratos constituye principalmente la 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); es por eso que el desarrollo de este primordio, se relaciona también con la desaparición del almidón desde la endodermis, floema, xilema y médula, en las estacas (Molnar y Lecroix, 1972 citados por GANDULFO, 1983).

Como lo muestran los resultados (Cuadro 12) el efecto del enraizador aplicado en los tratamientos no es muy relevante, pues los tratamientos en los que se realizó la aplicación (T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, T₆) no alcanzaron los valores más

altos en el número de raíces a excepción del tratamiento T₄ (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1, con aplicación de enraizador), quien obtuvo 14.66 raíces; en los demás tratamientos la aplicación de enraizador no presenta, en la mayoría de los casos, valores que superen numéricamente a sus correspondientes (T₇, T₈, T₉, T₁₀, T₁₁, T₁₂) sin aplicación de enraizador. Es por eso que el número de raíces producidas por estaca pudo deberse a la cantidad de auxina endógena en la zona de regeneración, dado que en la mayoría de las plantas existe una correlación entre las auxinas endógenas y la respuesta al enraizamiento (MORATINOS *et al.* 2005); asimismo se debe considerar que para la iniciación de las raíces adventicias en tallos y para la división de las primeras células iniciadoras de la raíz, existen requerimientos que se deben llevar a cabo anticipadamente como la liberación y translocación de la auxina endógena en las estacas (Vargas *et al.*, 1999; Hartmann y Kester, 2000; Ramírez *et al.*, 2004 citados por MORATINOS *et al.*, 2005), desplazándose de un lugar de producción a un sitio de acción (WEAVER, 1980). RUÍZ (2008), en estudios de enraizamiento de "Sacha inchi" con la aplicación de ácido indolbutírico (AIB), obtuvo el mayor número de raíces (25.94) con una dosis de 0.20% de AIB, resultados que no están en concordancia con los obtenidos en el presente trabajo, ya que no siguen la típica tendencia creciente al aumentar la dosis de AIB como se ha observado en muchas otras especies tropicales (MESÉN, 1998).

Del mismo modo, MENDOZA (2006) obtuvo que a dosis de 9,000 ppm de AIB las estacas de cacao emitieron 11.92 raíces, no diferenciándose estadísticamente de la dosis 6,000 ppm de AIB con 10.50

raíces por estaca; pero que si superaron estadísticamente a la dosis 3,000 ppm de AIB con 5.50 raíces por estaca.



TA: Tierra agrícola; NA: Núcleo de arena; CA: Cascarilla de arroz; EV: Estiércol de vacuno; G: Gallinaza

* Con aplicación de Rapid Root ®

Figura 3. Número de raíces por estaca

Posiblemente la formulación y la forma de aplicación del ácido indolbutírico influyó en su forma acción en los tejidos de la estaca, HARTMANN y KESTER (1987), menciona que con las preparaciones comerciales de talco puede ser difícil tener resultados uniformes debido a la cantidad variable de sustancia que se adhiere a las estacas. Por otro, Leakey (1985) citado por GUTIÉRREZ (2003), manifiesta que con respecto a los resultados en el número de raíces, es deseable que las estacas tengan muchas raíces, pero tres raíces bien ramificadas y distribuidas alrededor de las estacas son suficientes.

4.4. Longitud de raíz mayor

Al realizar el análisis de variancia (Cuadro 13) para la característica longitud de raíz mayor, observamos que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variabilidad de longitud de raíz mayor (12.67%) nos indica buena homogeneidad.

Cuadro 13. Análisis de variancia de la longitud de raíz mayor evaluada a los 110 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio
Tratamientos	11	0.4196 NS
Error experimental	36	0.5852
Total	47	
C.V.		12.67%

De acuerdo a la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) en la comparación de medias para la variable longitud de raíz mayor (Cuadro 14 y Figura 4), se puede observar que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos; T₁₀ (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1, sin aplicación de enraizador), T₄ (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1, con aplicación de enraizador), T₂ (tierra agrícola, con aplicación de enraizador) y T₇ (arena, sin aplicación de enraizador); logrando 44.40, 42.01, 37.48 y 36.96 cm de longitud de raíz mayor por estaca en promedio respectivamente; estos tratamientos presentan a la vez diferencias estadísticas significativas con los demás tratamientos.

Cuadro 14. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable longitud de raíz mayor por estaca evaluada a los 110 días.

Trat.	Descripción de tratamientos	Longitud de raíz mayor (cm)	
T ₁₀	Tierra agrícola + Cascarilla de arroz (4:1)	44.40	a
T ₄	Tierra agrícola + Cascarilla de arroz (4:1)*	42.01	a
T ₂	Tierra agrícola*	37.48	ab
T ₇	Arena	36.96	abc
T ₃	Tierra agrícola + Núcleo de arena*	35.77	bc
T ₁	Arena*	35.60	bc
T ₁₂	Tierra agrícola + Gallinaza (4:1)	34.60	bcd
T ₅	Tierra agrícola + Estiércol de vacuno (4:1)*	34.03	cd
T ₈	Tierra agrícola	33.91	cd
T ₁₁	Tierra agrícola + Estiércol de vacuno (4:1)	33.80	cd
T ₆	Tierra agrícola + Gallinaza (4:1)*	32.91	cde
T ₉	Tierra agrícola + Núcleo de arena	30.16	e

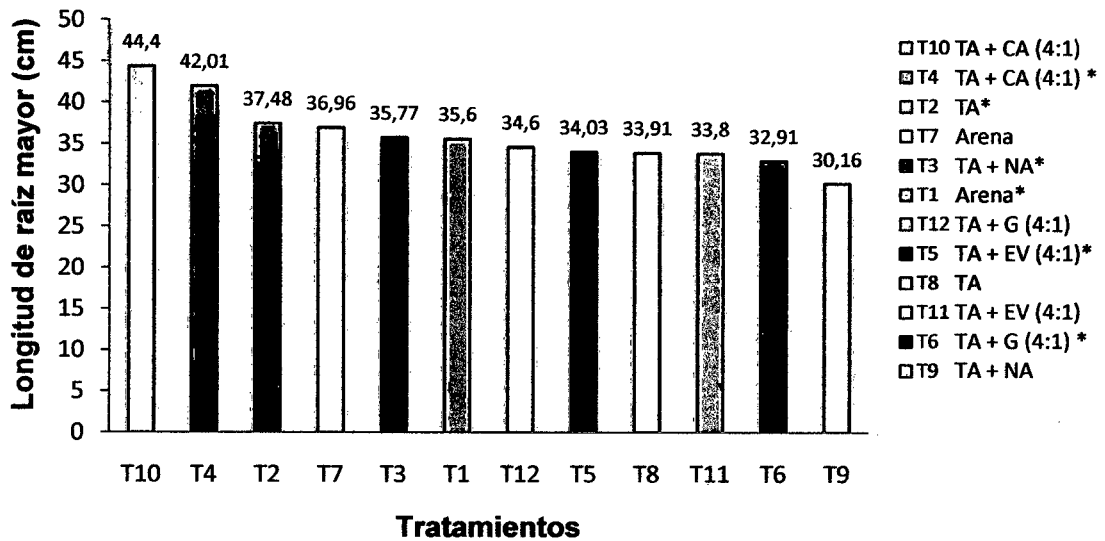
Promedios unidos por letras iguales no difieren entre sí.

* Con aplicación de Rapid Root ®

La respuesta positiva del incremento en la longitud de la raíz de los tratamientos T₁₀ y T₄, con respecto a los demás tratamientos, probablemente estuvo influenciada por el efecto del sustrato o medio de enraizamiento, al respecto HARTMAN y KESTER (1990), manifiestan que el medio de enraizamiento puede afectar el tipo de sistema radical, que se origina de las

estacas. Así es el caso que 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 con arena y musgo turboso o de perlita y musgo turboso, desarrollan raíces bien ramificadas, delgadas y flexibles, de un tipo más apropiado para extraer y volver a plantar; por otro lado 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 sentido Fitter (1996) citado por HENRIQUEZ (2004), señala que existen varios factores asociados al suelo como la humedad, que modifica el área de la superficie de la raíz, su sobrevivencia y desarrollo, ya que el parecer tiene un efecto en el alargamiento de la 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. Se puede apreciar también (Cuadro 14), que los tratamientos (T₁₂, T₅, T₁₁, T₆) en donde uno de sus componentes fue materia orgánica, los valores alcanzados fueron bajos en comparación con los tratamientos T₁₀ y T₄, posiblemente el componente orgánico, cascarilla de arroz, en su proporción 4:1 favoreció el desarrollo radicular; al respecto GROSS (1971), manifiesta que la cascarilla de arroz al ser una partícula ligeramente mayor a la de aserrín, se incorpora con facilidad en un medio mejorando el drenaje, también que por ser de peso ligero, uniforme en grado y calidad, es más resistente a la descomposición. Sin embargo sabiendo que el efecto de la materia orgánica corrige y mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo tal como menciona AGUIRRE(1978); también puede ser

negativo perjudicando las condiciones físicas de este, ya que a mayor cantidad de materia orgánica, se genera mayor retención de agua, sobretodo en épocas de mayor precipitación, causando una saturación del suelo ocasionando pudriciones en las estacas, además de reducir el efecto benéfico de la materia orgánica y del regulador de crecimiento AIB, tal como menciona LEAL *et al.* (1994).



TA: Tierra agrícola; NA: Núcleo de arena; CA: Cascarilla de arroz; EV: Estiércol de vacuno; G: Gallinaza

* Con aplicación de Rapid Root ®

Figura 4. Longitud de raíz mayor

Por otro lado se observa que existe una cierta influencia del enraizador aplicado (Rapid Root ®) con su acción auxínica que asociado al sustrato (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1) alcanzó el valor más alto (42.01 cm de raíz mayor) dentro los tratamientos que tuvieron aplicación (T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, T₆), así lo muestra el tratamiento T₄, posiblemente este efecto combinado favoreció

la respuesta mostrada; cabe destacar que la respuesta de una planta o una parte vegetal a cierta sustancia puede variar según la especie y la variedad (PREECE, 1987).

4.5. Volumen de raíces por estaca

Los resultados mostrados en el análisis de variancia (Cuadro 15) indican que para la variable volumen de raíces por estaca, no se pudo probar diferencias estadísticas significativas en los tratamientos.

Cuadro 15. Análisis de variancia del volumen de raíces evaluado a los 110 días. Datos transformados $\sqrt{x+1}$.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio
Tratamiento	11	0.0905 NS
Error experimental	36	0.0068
Total	47	
C.V.		4.41%

NS. No significativo

De acuerdo a la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) en la comparación de medias para la variable volumen de raíces (Cuadro 16 y Figura 5), se observa que hubo diferencias significativas entre los tratamientos; donde el tratamiento T₁₀ (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1, sin aplicación de enraizador), obtuvo el mayor volumen radicular con 3.50 cm³, sin embargo estadísticamente el valor alcanzado por este tratamiento no difiere del tratamiento T₄ (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1, con aplicación de enraizador) con 3.20 cm³

y del tratamiento T₃ (tierra agrícola + núcleo de arena, con aplicación de enraizador) con 3.18 cm³ de volumen radicular; pero al mismo tiempo estos si se diferencian de los demás tratamientos.

Cuadro 16. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable volumen de raíces por estaca evaluado a los 110 días.

Trat.	Descripción de tratamientos	Volumen de raíces por estaca (cm³)	
T ₁₀	Tierra agrícola + Cascarilla de arroz (4:1)	3.50	a
T ₄	Tierra agrícola + Cascarilla de arroz (4:1)*	3.20	ab
T ₃	Tierra agrícola + Núcleo de arena*	3.18	ab
T ₂	Tierra agrícola*	2.87	bc
T ₇	Arena	2.65	cd
T ₁	Arena*	2.62	cd
T ₁₂	Tierra agrícola + Gallinaza (4:1)	2.50	cd
T ₅	Tierra agrícola + Estiércol de vacuno (4:1)*	2.35	de
T ₁₁	Tierra agrícola + Estiércol de vacuno (4:1)	2.20	de
T ₆	Tierra agrícola + Gallinaza (4:1)*	1.98	ef
T ₉	Tierra agrícola + Núcleo de arena	1.94	ef
T ₈	Tierra agrícola	1.65	f

Promedios unidos por letras iguales no difieren entre sí.

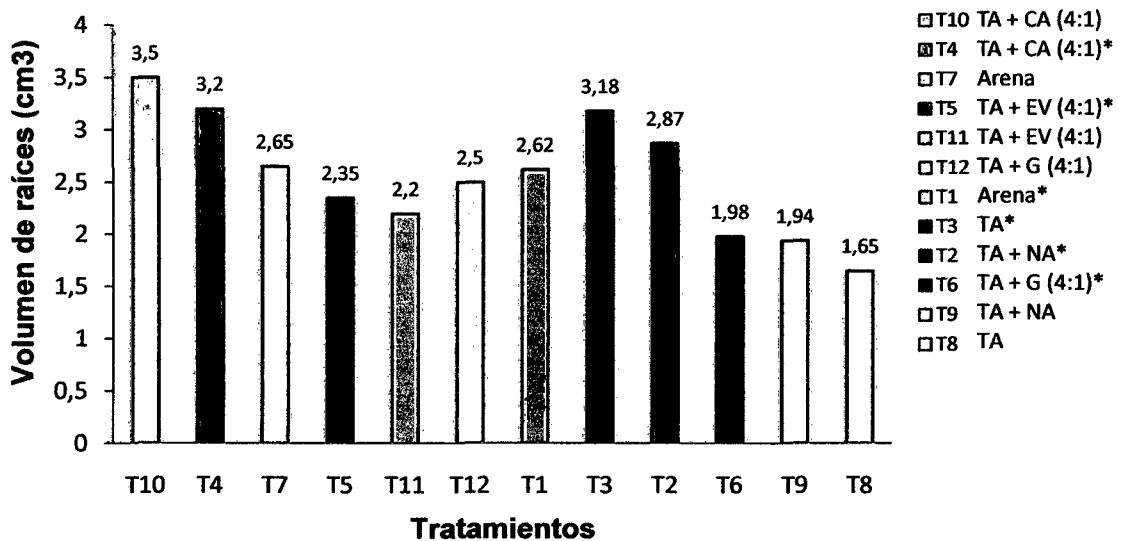
* Con aplicación de Rapid Root ®

Al parecer estos resultados se deben posiblemente a que existe una cierta relación entre la longitud de raíces (Cuadro 14) y el volumen radicular (Cuadro 16), donde a mayor longitud de raíces mayor volumen radicular. Además las propiedades físicas y químicas del sustrato (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1) posiblemente favorecieron el crecimiento y desarrollo de las raíces así como una gran ramificación a través del sustrato, obteniendo como resultado que el sistema radical alcance los valores más altos en volumen; LAMA (2005), en un experimento de enraizamiento de estacas de cacao, obtuvo mayor volumen de raíces en un sustrato de arena + tierra agrícola, 1:1.

Como muestra el Cuadro 16, la aplicación del enraizador produjo cierta influencia en el volumen radicular, así como lo muestran los tratamientos T₄ (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1, con aplicación de enraizador), T₃ (tierra agrícola + núcleo de arena, con aplicación de enraizador), T₂ (tierra agrícola, con aplicación de enraizador) y T₁ (arena, con aplicación de enraizador) con 3.20, 3.18, 2.87, 2.62 cm³, respectivamente; por el contrario en los tratamientos T₅ (tierra agrícola + estiércol de vacuno, 4:1, con aplicación de enraizador) y T₆(tierra agrícola + gallinaza, 4:1, con aplicación de enraizador), el efecto del enraizador posiblemente fue influenciado por los sustratos, es decir la presencia de materia orgánica de origen animal y su capacidad de retención de agua causó un efecto negativo impidiendo una mejor respuesta del enraizador sobre las estacas. LEAL *et al.* (1994), mencionan que una saturación de agua en el suelo ocasiona pudriciones en las estacas y reduce el efecto de la materia orgánica y del regulador de crecimiento AIB aplicado; todo

esto considerando que el experimento se llevó a cabo en época lluviosa; en este sentido Flores y Vera (1987) citados por LAMA (2005), afirman que la época seca es la mejor para el enraizamiento de estacas

Por otro lado, 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.



TA: Tierra agrícola; NA: Núcleo de arena; CA: Cascarilla de arroz; EV: Estiércol de vacuno; G: Gallinaza

* Con aplicación de Rapid Root ®

Figura 5. Volumen de raíces por estaca

4.6. Peso seco de raíces

En el análisis de variancia para la variable peso seco de raíces (Cuadro 17) se observa que no existe diferencias estadísticas para el efecto de los tratamientos, es decir los tratamientos tuvieron un efecto similar.

Cuadro 17. Análisis de variancia del peso seco de raíces. Datos transformados $\sqrt{x+1}$.

Fuente de variabilidad	GL	Cuadrado medio
Tratamiento	11	0.0139 NS
Error experimental	36	0.0074
Total	47	
C.V.		6.70%

En la comparación de medias de la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable peso seco de raíces (Cuadro 18 y Figura 6), se observa que hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, donde el tratamiento T₁₀ (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1, sin aplicación de enraizador) obtuvo numéricamente el mayor valor en el peso seco de raíces con 0.97 g, asimismo este tratamiento no se diferenció estadísticamente de los tratamientos T₁₂, T₄, T₁₁, T₃, T₆, T₂ y T₅, quienes alcanzaron 0.82, 0.80, 0.75, 0.69, 0.64, 0.62 y 0.60 g de peso seco de raíces respectivamente; a la vez estos tratamientos si se diferenciaron de los demás, obteniéndose en último lugar a los tratamientos T₁ (arena, con aplicación de enraizador) y T₇ (arena, sin aplicación de enraizador) con 0.47, 0.43 g de peso seco de raíces respectivamente. Se puede observar que existió un efecto favorable por parte del sustrato, esto posiblemente se debe a la relación directa que existe, entre las propiedades físico-químicas del sustrato y la respuesta de las estacas al medio de enraizamiento, ya que en este se obtuvo mayor número de raíces,

mayor longitud y un mayor volumen radicular (Cuadro 12, 14 y 16) y como lo muestra el Cuadro 18, mayor peso seco de raíces.

Cuadro 18. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable peso seco de raíces.

Trat.	Descripción de tratamientos	Peso seco de raíces	
			(g)
T ₁₀	Tierra agrícola + Cascarilla de arroz (4:1)	0.97	a
T ₁₂	Tierra agrícola + Gallinaza (4:1)	0.82	ab
T ₄	Tierra agrícola + Cascarilla de arroz (4:1)*	0.80	abc
T ₁₁	Tierra agrícola + Estiércol de vacuno (4:1)	0.75	abc
T ₃	Tierra agrícola + Núcleo de arena*	0.69	abc
T ₆	Tierra agrícola + Gallinaza (4:1)*	0.64	abc
T ₂	Tierra agrícola*	0.62	abc
T ₅	Tierra agrícola + Estiércol de vacuno (4:1)*	0.60	abc
T ₈	Tierra agrícola	0.56	bc
T ₉	Tierra agrícola + Núcleo de arena	0.55	bc
T ₁	Arena*	0.47	bc
T ₇	Arena	0.43	c

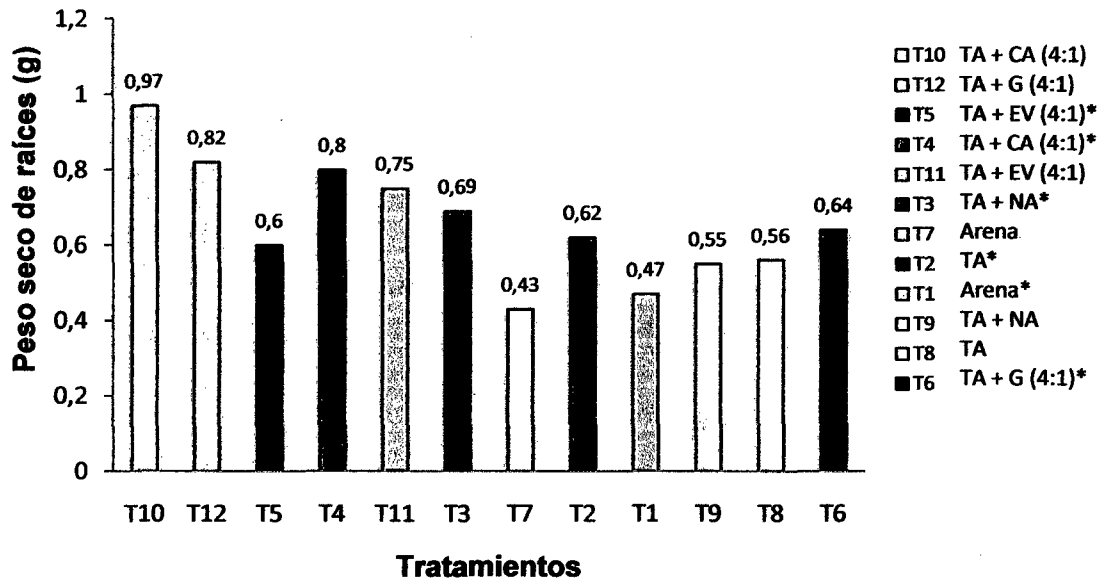
Promedios unidos por letras iguales no difieren entre sí.

* Con aplicación de Rapid Root ®

Al parecer el efecto del sustrato, permitió que las estacas tuvieran una adecuada asimilación y acumulación de nutrientes por parte de las raíces que se formaron, ya que considerando el análisis físico – químico (Cuadro 4) los

sustratos presentaron un nivel medio de fertilidad, es decir que el contenido de nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal (en especial el fósforo y su función estimuladora del desarrollo radicular), se encontraron en cantidades que no representaron déficit para las estacas. Esto no ocurrió con el sustrato compuesto por arena, ya que como lo muestran los resultados (Cuadro18), los tratamientos T₁ (Arena, con aplicación de enraizador) y T₇ (Arena, sin aplicación de enraizador), obtuvieron los valores más bajos en peso seco de raíces con 0.47 y 0.43 g respectivamente, debiéndose posiblemente a la baja presencia de nutrientes en el sustrato. Cabe resaltar la respuesta del tratamiento T₁₂ (Tierra agrícola + Gallinaza, 4:1, sin aplicación de enraizador), que obtuvo 0.82 g en peso seco de raíces, al parecer el efecto del sustrato influenció el resultado obtenido; al respecto GUERRERO (1993) y LEÓN (1971), manifiestan que la gallinaza es un preciado abono orgánico, rico en nitrógeno y contiene todos los nutrientes indispensables en mayor cantidad que los estiércoles de otros animales.

De acuerdo con los resultados (Cuadro 18) el efecto del enraizador aplicado no tuvo relevancia en el peso seco de raíces, ya que los tratamientos que tuvieron aplicación (T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, T₆), presentaron valores intermedios dentro de la tabla. En este sentido se pone de manifiesto que los resultados del presente trabajo no están en concordancia con los obtenidos por MENDOZA (2006) quien en estudios de enraizamiento de estacas de cacao, obtuvo altos valores en peso seco de raíces en sustratos de tierra agrícola + arena + cascarilla de arroz en proporción 1:1:1 y con aplicación de ácido indolbutírico a una dosis de 9,000 ppm.



TA: Tierra agrícola; NA: Núcleo de arena; CA: Cascarilla de arroz; EV: Estiércol de vacuno; G: Gallinaza

* Con aplicación de Rapid Root ®

Figura 6. Peso seco de raíces

Por otro lado, Faria y Sacramento (2003) citados por MENDOZA (2006), mencionan que la materia seca de las raíces, tiende a estar más correlacionada con la calidad final del plantón que con el número de raíces, es decir, cuanto mayor es la materia seca de raíces, mejor es la calidad final del plantón.

4.7. Análisis de costos

El análisis de costos realizado a los tratamientos en estudio (Cuadro 19), muestra claramente dos grupos; por un lado, a los que se les aplicó el enraizador que resultaron ser más costosos, esto debido a un incremento por el uso del producto enraizador (0.86 soles); asimismo dentro de este grupo se observa que el tratamiento T₅ (tierra agrícola + estiércol de vacuno, 4:1, con

aplicación de enraizador) es el más costoso con 64.42 soles/tratamiento (60 bolsas), con un equivalente a 1.07 soles/bolsa, el valor que alcanza este tratamiento es debido al costo del insumo (estiércol de vacuno). Los tratamientos T₆, T₄, T₃, T₂, T₁ presentaron menores costos con 63.42, 63.42, 60.42, 60.42, 52.42 soles respectivamente.

Por otro lado el grupo de los tratamientos que no recibieron aplicación, presentó al tratamiento T₁₁ (tierra agrícola + estiércol de vacuno, 4:1, sin aplicación de enraizador) con el mayor costo (63.56 soles), al igual que en el tratamiento T₅ el costo del insumo (estiércol de vacuno) elevó su valor.

Es preciso mencionar que los tratamientos T₁ y T₇ cuyo sustrato fue arena presentaron los menores costos (52.42y 51.56 soles) dentro de cada grupo, esto debido al bajo costo del insumo (Cuadro 33).

De acuerdo al análisis de rentabilidad de los tratamientos (Cuadro 20), se observa que el mayor índice de rentabilidad fue obtenido con el tratamiento T₉ (tierra agrícola + núcleo de arena, sin aplicación de enraizador) con 0.39y el T₃ (tierra agrícola + núcleo de arena, con aplicación de enraizador) con un índice de rentabilidad de 0.20, debido a que estos tratamientos presentaron un mayor porcentaje de sobrevivencia (55.00 y 48.33% respectivamente); es decir que al haber obtenido mayor número de plantones vivos (33 y 29) en comparación a los demás tratamientos, se obtuvo ingresos con valores superiores al costo de producción.

Cuadro 19. Análisis de costos generales.

Clave	Tratamiento	Número de bolsas/ tratamiento	Costos				Total/ tratamientos (S/.)
			Mano de obra (S/.)	Productos (S/.)	Insumos (S/.)	Materiales (S/.)	
T ₁	Arena*	60	25	7.46	4	15.96	52.42
T ₂	TA*	60	25	7.46	12	15.96	60.42
T ₃	TA + NA*	60	25	7.46	12	15.96	60.42
T ₄	TA + CA*	60	25	7.46	15	15.96	63.42
T ₅	TA + EV*	60	25	7.46	16	15.96	64.42
T ₆	TA + G*	60	25	7.46	15	15.96	63.42
T ₇	Arena	60	25	6.6	4	15.96	51.56
T ₈	TA	60	25	6.6	12	15.96	59.56
T ₉	TA + NA	60	25	6.6	12	15.96	59.56
T ₁₀	TA + CA	60	25	6.6	15	15.96	62.56
T ₁₁	TA + EV	60	25	6.6	16	15.96	63.56
T ₁₂	TA + G	60	25	6.6	15	15.96	62.56
Costos generales			300	84.36	148	191.52	723.88

TA: Tierra agrícola; NA: Núcleo de arena; CA; Cascarilla de arroz; EV: Estiércol de vacuno; G: Gallinaza

*: Tratamientos con aplicación de Rapid Root ®

Cuadro 20. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.

Clave	Tratamiento	Número de bolsas/ tratamiento	Número de plantones vivos/ tratamiento	Costo total/ tratamiento (S/.)	Ingreso bruto (S/.)	Utilidad 1-2 (S/.)	Relación B/C 1/2	Índice de rentabilidad 3/2
T ₁	Arena	60	22	52.42	55	2.58	1.05	0.05
T ₂	TA	60	27	60.42	67.5	7.08	1.12	0.12
T ₃	TA + NA	60	29	60.42	72.5	12.08	1.20	0.20
T ₄	TA + CA	60	25	63.42	62.5	-0.92	0.99	-0.01
T ₅	TA + EV	60	23	64.42	57.5	-6.92	0.89	-0.11
T ₆	TA + G	60	25	63.42	62.5	-0.92	0.99	-0.01
T ₇	Arena	60	27	51.56	67.5	15.94	1.31	0.31
T ₈	TA	60	21	59.56	52.5	-7.06	0.88	-0.12
T ₉	TA + NA	60	33	59.56	82.5	22.94	1.39	0.39
T ₁₀	TA + CA	60	25	62.56	62.5	-0.06	1.00	0.00
T ₁₁	TA + EV	60	19	63.56	47.5	-16.06	0.75	-0.25
T ₁₂	TA + G	60	22	62.56	55	-7.56	0.88	-0.12
Costos generales				723.88	745	21.12		

TA: Tierra agrícola; NA: Núcleo de arena; CA; Cascarilla de arroz; EV: Estiércol de vacuno; G: Gallinaza

Precio por plantón de "Sacha inchi" = S/. 2.50

Estos valores indicarían que por cada nuevo sol de inversión, se obtendría para el caso del tratamiento T₉ un ingreso de 1.39 nuevos soles, es decir, aproximadamente el 39% y en el caso del tratamiento T₃ se obtendría un ingreso de 1.20 nuevos soles, es decir, aproximadamente el 20%. Teniendo en cuenta el análisis de costos realizado (Cuadros 19 y 20), se podrá tomar decisiones para la elección del sustrato en futuros trabajos de enraizamiento.

V. CONCLUSIONES

1. El tratamiento T₄ (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1, con aplicación de enraizador) obtuvo el mejor resultado para el carácter número de raíces con 14.66; sin embargo, el tratamiento T₁₀ (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1, sin aplicación de enraizador) obtuvo en este mismo carácter 13.58 raíces y superó a todos los tratamientos en los caracteres de longitud de raíz mayor (44.40 cm), volumen de raíces (3.50 cm³) y peso seco de raíces (0.97 g), comportándose como el mejor sustrato del experimento.
2. Los tratamientos T₁ (Arena, con aplicación de enraizador) y T₇ (Arena, sin aplicación de enraizador), obtuvieron los valores más bajos en peso seco de raíces con 0.47 y 0.43 g, respectivamente.
3. Los tratamientos T₅ (tierra agrícola + estiércol de vacuno, 4:1, con aplicación de enraizador) y T₁₁ (tierra agrícola + estiércol de vacuno, 4:1, sin aplicación de enraizador) fueron los que tuvieron mayor costo con 75.26 y 63.56 nuevos soles, respectivamente. Contrario a esto, los tratamientos T₁ (arena, con aplicación de enraizador) y T₇ (arena, sin aplicación de enraizador) presentaron los menores costos con 63.26 y 51.56 nuevos soles, respectivamente.
4. Los tratamientos más rentables fueron el tratamiento T₉ (tierra agrícola + núcleo de arena, sin aplicación de enraizador) y el tratamiento T₃ ((tierra agrícola + núcleo de arena, con aplicación de enraizador) con índices de rentabilidad de 0.39 y 0.20, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

1. Experimentar el enraizamiento de estacas de sachá inchi con sustratos que incluyan insumos como arena, cascarilla de arroz y tierra agrícola, así como combinaciones y mezclas en proporciones de estos.
2. Realizar estudios de enraizamiento en estacas de sachá inchi en periodos secos y/o ambientes donde se pueda controlar eficazmente el exceso de lluvias.
3. Realizar nuevas investigaciones con sachá inchi evaluando dosis hormonales, longitud de estaca y comparación de clones diferentes en el enraizamiento de estacas.

VII. RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó los efectos de seis tipos de sustratos (arena, tierra agrícola, tierra agrícola + núcleo de arena, tierra agrícola + cascarilla de arroz, tierra agrícola + estiércol de vacuno, tierra agrícola + gallinaza) en el enraizamiento de estacas de "Sacha inchi" (*Plukenetia volubilis* L.) con y sin aplicación de un enraizador comercial (Rapid Root ®). El ensayo se realizó en el Fundo I de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Selva, en Tingo María entre los meses de Enero a Abril de 2008; empleando un diseño completo al azar (DCA) haciendo un total de 12 tratamientos que en cuadruplicado hacen un total de 48 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo constituida por 15 estacas. Los resultados de sobrevivencia, número de brotes, número de raíces, longitud de raíz mayor (cm), volumen de raíces (cm³) y peso seco de raíces (g) fueron evaluados en el programa Microsoft 2007 y sometidos a un análisis de variancia y prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$). Al término del ensayo el tratamiento T₉ (tierra agrícola + núcleo de arena) logró el mayor porcentaje de sobrevivencia (55.00%); el tratamiento T₁₂ (tierra agrícola + gallinaza, 4:1, sin aplicación de enraizador) alcanzó el mayor número de brotes (2.08). En lo concerniente al enraizado los tratamientos T₄ (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1, con aplicación de enraizador) y T₁₀ (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1, sin aplicación de enraizador) mostraron mayor número de raíces con 14.66 (T₄), longitud de raíz mayor con 44.40 cm (T₁₀), volumen de raíces con 3.50 cm³ (T₁₀) y peso seco de raíces con 0.97 g (T₁₀). Se

concluye que es posible propagar "Sacha inchi" por estacas con aplicación de enraizador para el efecto número de raíces; sin embargo teniendo en cuenta los resultados esta aplicación no sería imprescindible ya que el tratamiento T₁₀ (tierra agrícola + cascarilla de arroz, 4:1, sin aplicación de enraizador) alcanzó 13.58 raíces, lo que no difiere grandemente del tratamiento T₄. Con respecto al rendimiento, los tratamientos más rentables fueron el tratamiento T₉ (tierra agrícola + núcleo de arena, sin aplicación de enraizador) y el tratamiento T₃ ((tierra agrícola + núcleo de arena, con aplicación de enraizador) con índices de rentabilidad de 0.39 y 0.20, respectivamente.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRRE, G. 1978. Departamento de suelos y fertilizantes. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 56 p.
2. ARÉVALO, G. 1989 – 1995. Informe de resultados de investigación. Investigador Agrario, Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología - PRONARGE, Estación Experimental "El Porvenir". Tarapoto, Perú. 145 p.
3. BALDINI, E. 1992. Arboricultura general. Editorial Mundi Prensa Madrid, España. 375 p.
4. BASTOS, C. 2006. Propagação da caramboleira por estacas caulinares e caracterização anatômica e histológica da formação de ralces 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. 04 de Noviembre 2008).
5. BROUDEAU, J. 1981. El cacao. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Blume Distribuidora S. A. Casas Grandes N° 69. México – D. F. 296 p.

6. CACHIQUE, D. 2007. Estudio de la biología floral y reproductiva en el cultivo de saha Inchi *Plukenetia volubilis* L. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú. 70 p.
7. CUCULIZA, P. 1956. Propagación de plantas. Talleres Gráficos S.A. Lima, Perú. Pp. 133-143.
8. DÍAZ, E.; SALAZAR, R. y MESEN, F. 1991. Enraizamiento de estacas de *Cedrella odorata* L. *Silvoenergia*, 51. 4 p.
9. ENRÍQUEZ, G.A. 1985. Curso sobre el cultivo de cacao. Centro Agronómico de Investigación de Enseñanza Tropical. Turrialba. Costa Rica. 240 p.
10. GANDULFO, S.L.M. 1983. Efecto del anillado y la aplicación de ácido indolbutírico en el enraizamiento de brotes etiolados de palto (*Persea americana Mill.*) cv. Mexicola. Tesis Ing. Agr. Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile. 71 p. [En línea]: (http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/G-H-I/GandulfoLuz1983.pdf, (Doc. 04 de Noviembre 2008).
11. GERDING, V.; HERMOSILLA, M.E. y GREZ, R. 1996. Sustratos de corteza compostada para la propagación vegetativa de estacas de tallo de *Podocarpus nubigena* Lindl, y *Eucryphia cordifolia* Cav. Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile. [En línea]. UAC. (Doc. 04 de Agosto 2009).

12. GILLESPIE, L.J. 1993. A synopsis of neotropical *Plukenetia* (Euphorbiaeae) including two new species. *Systematic Botany* 18 (4): pp. 575 – 592.
13. GILLESPIE, L.J. y ARBRUSTER, W.S. 1997. A contribution of the guianan flora: *Dalechanpia*, *Haematostemon*, *Omphalea*, *Pera*, *Plukenetia* and *Tragia* (Euphorbiaceae). *Smithsonian Contribution to Botany*, number 86. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. 48 p.
14. GUERRERO, J. 1993. Abonos orgánicos. Tecnología para el Manejo Ecológico del Suelo. Edición. Red de Acción en Alternativas al Uso de Agroquímicos. RAAA. Lima, Perú. 90 p.
15. 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. 04 de Noviembre 2008).
16. GROSS, A. 1971. Abonos. Guía práctica de la fertilización. 5^{ta} Edición. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España. 526 p.
17. HAMILTON, D.F. y MIDCAP, J.T. 2002. Seed propagation of woody ornamentals, [En línea]: (http://edis.ifas.ufl.edu/EP029_documentos) (Doc. 10 de Diciembre 2008).

18. HARTMANN, T. y KESTER, E. 1987. Propagación de plantas: principios y prácticas. Editorial continental S.A. México. 814 p.
19. HARTMANN, T. y KESTER, E. 1990. Propagación de plantas. Principios y Prácticas. Ed. Continental S.A. México. 160 p.
20. 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, (Doc. 10 de Diciembre 2008).
21. LAMA, P. 2005. Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y el humus de lombriz en el enraizamiento de estacas de dos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tingo María. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 50 p.
22. 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>). (Doc. 10 de Diciembre 2008).
23. LEÓN, A. 1971. Neutralización de la acidez del suelo. Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. 3: 11 – 17.

24. MANCO, E. 2004. Sacha inchi, planta prometedora de la Amazonía Peruana. *El Porvenir Agrario*, INIEA – Tarapoto.1 (1):11
25. MANCO, E. 1996 – 2003. Informes de resultados de investigación, Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología. EE. "El Porvenir". Tarapoto, Perú. 213 p.
26. 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>, (Doc. 26 Diciembre 2008).
27. MENDOZA, H. 2006. Propagación por estacas del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en dos tipos de sustrato y tres concentraciones de ácido de indolbutírico. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 76 p.
28. MESEN, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales. Uso de Propagadores de Sub – Irrigación. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. Turrialba, Costa Rica. 36 p.

29. MORATINOS, P.; FLORES, E. y GOMEZ, A. 2005. Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L. y *M. emarginata* Sessé & Moc. ex D.C.). Rev. Fac. Agron. [En línea]. :http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000300001&lng=es&nrm=iso.ISSN 0378. (Doc. 04 de Agosto 2009).
30. MORENO, F.; MÁRQUEZ, A. y PRESTON, T. 2001. Cuatro métodos de propagación vegetativa de morera (*Morus alba*). Universidad Nacional Experimental del Táchira - UNET, San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela. 123 p.
31. NUÑEZ, Y. 1997. Propagación vegetativa del Cristóbal (*Platymiscium pinnatum*, Benth); pilon (*Hyeronima alchomeoides*, Allermo) 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>, (Doc. 19 Enero 2009).
32. 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. Universidad e de São Paulo. 86 p. [En línea]. USP.<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-24032004-151>. (Doc. 25 Enero 2009).

33. PREECE, J.E. 1987. Treatment of the stock plant with plant growth regulators to improve propagation success. Hort Science 22(5): 7; 55-59.
34. 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>, (Doc. 25 Enero 2009).
35. RAVEN, P.H.; EVERT, R.F. y EICHHORN, S.E. 1992. Biología de las plantas. Edición Ilustrada. Editorial Reverte. 773 páginas. [En línea].http://www.biologia.edu.ar/plantas/cell_vegetal.htm. (Doc. 03 de Agosto 2009).
36. RICHARDS, S.J.; WARNEKE J.E. and ALJIBURY, F.K. 1964. Physical properties of soil mixes used by nurseries. Calif. Agr. 18(5):12-13.
37. RUIZ, H. 2008. Efecto de cuatro dosis de ácido indolbutírico y tres tipos de estacas en el enraizamiento de sachá inchi. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tarapoto Perú. 117 p.
38. SALISBURY, F.B. y ROSS, C.W. 1994. Fisiología vegetal. 4°ed. Iberoamérica. México. 759 p.

39. SALISBURY, F. y ROSS, W. 2000. Fisiología de las plantas. Ed. Paraninfo. Madrid, España. 988 p.
40. SULLCA, B. 1992. Tecnificación del cultivo de cacao en la Selva Alta Peruana. Fundación para el Desarrollo Agrario (FUNDEAGRO). Lima, Perú. 112 p.
41. TORRES, A. 2003. Relacao entre sazonalidade, desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagacao vegetativa por miniestaquia. Dissertacao Mestrado. Piracicaba, SP, Brasil. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de Sao Paulo. 65 p. [En línea]. USP. (<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-09122003-105826/>, (Doc. 28 Enero 2009).
42. VADEMECUN AGRARIO. 2004-2005. El ingeniero agrónomo. Lima, Perú. 145 p.
43. VALDEZ, J. 1976. Normas técnicas para el cultivo del cacao. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. 196 p.
44. VALLES, C. 1995. Sacha inchi, importante oleaginosa selvática. Pura Selva. Pp. 40 – 41.
45. VIERA, W. y SUQUILANDA, M. 2007. Respuesta de estacas de Protea (*Leucadendron* sp.) Var. Safari sunset a la aplicación de tres enraizadores a tres dosis. Cayambe, Pichincha. Empresa Proteas del Ecuador S.A. Rumipamba Vol. XXI N° 1. [En línea]<http://www.uce.edu.ec/upload/20090209105954.pdf> (Doc. 04 de Agosto 2009).

46. VIETEZ, A.M. y VIETEZ, E. 1980. Starch depletion and anatomical changes during the rooting of *Castanea sativa* Mill, cutting. *Scientia Hort.* 13:261-266.
47. WEAVER, R.J. 1976. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Editorial Trillas. México. 622 p.
48. WEAVER, R. 1980. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Editorial Trillas México, D. F. 622 p.
49. ZAVALETA, 1992. Edafología; el suelo en relación con la producción. CONCYTEC. Lima, Perú. 233 p.

IX. ANEXO

Cuadro 21. Datos originales de sobrevivencia.

Tratamiento	Repeticiones				Total Trat.	Prom. Trat.
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄		
T ₁	5.00	6.00	6.00	5.00	22.00	5.50
T ₂	7.00	7.00	6.00	7.00	27.00	6.75
T ₃	9.00	6.00	9.00	5.00	29.00	7.25
T ₄	6.00	6.00	7.00	6.00	25.00	6.25
T ₅	6.00	6.00	6.00	5.00	23.00	5.75
T ₆	6.00	7.00	5.00	7.00	25.00	6.25
T ₇	6.00	8.00	6.00	7.00	27.00	6.75
T ₈	5.00	4.00	6.00	6.00	21.00	5.25
T ₉	7.00	7.00	9.00	10.00	33.00	8.25
T ₁₀	5.00	7.00	6.00	7.00	25.00	6.25
T ₁₁	4.00	6.00	5.00	4.00	19.00	4.75
T ₁₂	5.00	6.00	5.00	6.00	22.00	5.50

Cuadro 22. Sobrevivencia, datos transformados $\sqrt{x+1}$.

Tratamiento	Repeticiones				Total Trat.	Prom. Trat.
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄		
T ₁	2.45	2.65	2.65	2.45	10.19	2.55
T ₂	2.83	2.83	2.65	2.83	11.13	2.78
T ₃	3.16	2.65	3.16	2.45	11.42	2.85
T ₄	2.65	2.65	2.83	2.65	10.77	2.69
T ₅	2.65	2.65	2.65	2.45	10.39	2.60
T ₆	2.65	2.83	2.45	2.83	10.75	2.69
T ₇	2.65	3.00	2.65	2.83	11.12	2.78
T ₈	2.45	2.24	2.65	2.65	9.98	2.49
T ₉	2.83	2.83	3.16	3.32	12.14	3.03
T ₁₀	2.45	2.83	2.65	2.83	10.75	2.69
T ₁₁	2.24	2.65	2.45	2.24	9.57	2.39
T ₁₂	2.45	2.65	2.45	2.65	10.19	2.55

Cuadro 23. Datos originales de número de brotes por estaca.

Tratamiento	Número de brotes				Total Trat.	Prom. Trat.
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄		
T ₁	0.66	1.66	1.00	1.66	5.00	1.25
T ₂	2.33	2.66	1.66	1.00	7.66	1.91
T ₃	1.00	2.00	1.33	1.00	5.33	1.33
T ₄	1.33	1.33	1.33	1.33	5.33	1.33
T ₅	1.66	1.00	1.66	2.00	6.33	1.58
T ₆	1.00	1.00	1.00	3.00	6.00	1.50
T ₇	1.33	1.66	1.00	1.33	5.33	1.33
T ₈	1.66	1.33	1.33	2.00	6.33	1.58
T ₉	1.66	1.33	1.33	1.66	6.00	1.50
T ₁₀	2.00	2.33	1.00	1.00	6.33	1.83
T ₁₁	1.66	1.66	1.33	1.00	5.66	1.47
T ₁₂	2.00	2.33	1.33	2.66	8.33	2.08

Cuadro 24. Número de brotes por estaca, datos transformados $\sqrt{x+1}$.

Tratamiento	Número de brotes				Total Trat.	Prom. Trat.
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄		
T ₁	1.29	1.63	1.41	1.63	5.97	1.49
T ₂	1.82	1.91	1.63	1.41	6.78	1.69
T ₃	1.41	1.73	1.52	1.41	6.08	1.52
T ₄	1.52	1.52	1.52	1.52	6.11	1.52
T ₅	1.63	1.41	1.63	1.73	6.41	1.60
T ₆	1.41	1.41	1.41	2.00	6.24	1.56
T ₇	1.52	1.63	1.41	1.52	6.10	1.52
T ₈	1.63	1.52	1.52	1.73	6.42	1.60
T ₉	1.63	1.52	1.52	1.63	6.32	1.58
T ₁₀	1.73	1.82	1.41	1.41	6.38	1.59
T ₁₁	1.63	1.63	1.52	1.41	6.20	1.55
T ₁₂	1.73	1.82	1.52	1.91	7.00	1.75

Cuadro 25. Datos originales de número de raíces por estaca.

Tratamiento	Número de raíces				Total Trat.	Prom. Trat.
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄		
T ₁	13.66	9.66	10.00	7.66	41.00	10.25
T ₂	14.33	17.00	9.33	11.00	51.66	12.91
T ₃	11.00	7.00	11.00	16.33	45.33	11.33
T ₄	11.33	13.33	24.00	10.00	58.66	14.66
T ₅	10.66	15.33	10.66	8.33	45.00	11.25
T ₆	5.00	10.33	9.33	18.00	42.66	10.66
T ₇	5.00	15.66	10.33	12.66	43.66	10.91
T ₈	10.33	8.00	11.66	13.00	43.00	10.75
T ₉	12.33	11.00	19.33	10.66	53.33	13.33
T ₁₀	16.66	22.66	6.66	8.33	54.33	13.58
T ₁₁	8.33	14.33	8.33	7.00	38.00	9.50
T ₁₂	17.33	13.00	6.66	14.66	51.66	12.91

Cuadro 26. Número de raíces por estaca, datos transformados $\sqrt{x+1}$.

Tratamiento	Número de raíces				Total Trat.	Prom. Trat.
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄		
T ₁	3.83	3.26	3.31	2.94	13.35	3.33
T ₂	3.91	4.24	3.21	3.46	14.83	3.70
T ₃	3.46	2.82	3.46	4.16	13.92	3.48
T ₄	3.51	3.78	5.00	3.31	15.61	3.90
T ₅	3.41	4.04	3.41	3.05	13.92	3.48
T ₆	2.44	3.36	3.21	4.35	13.38	3.34
T ₇	2.44	4.08	3.36	3.69	13.59	3.39
T ₈	3.36	3.00	3.55	3.74	13.66	3.41
T ₉	3.65	3.46	4.50	3.41	15.04	3.76
T ₁₀	4.20	4.86	2.76	3.05	14.89	3.72
T ₁₁	3.05	3.91	3.05	2.82	12.85	3.21
T ₁₂	4.28	3.74	2.76	3.95	14.75	3.68

Cuadro 27. Datos originales de longitud de raíz mayor por estaca (cm).

Tratamiento	Longitud de raíz				Total Trat.	Prom. Trat.
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄		
T ₁	28.76	32.33	48.00	33.33	142.43	35.60
T ₂	55.00	32.43	40.01	22.50	149.95	37.48
T ₃	34.00	29.50	46.66	32.93	143.10	35.77
T ₄	38.73	42.66	48.16	38.50	168.06	42.01
T ₅	30.40	34.50	36.33	34.90	136.13	34.03
T ₆	19.66	32.33	39.50	40.16	131.66	32.91
T ₇	34.66	33.83	37.86	41.50	147.86	36.96
T ₈	30.66	19.83	35.33	49.83	135.66	33.91
T ₉	40.16	15.16	27.33	38.00	120.66	30.16
T ₁₀	33.16	64.16	40.80	39.50	177.63	44.40
T ₁₁	35.00	37.33	37.00	25.90	135.23	33.80
T ₁₂	29.76	45.66	36.83	26.16	138.43	34.60

Cuadro 28. Longitud de raíz mayor por estaca, datos transformados $\sqrt{x+1}$

Tratamiento	Longitud de raíz				Total Trat.	Prom. Trat.
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄		
T ₁	5.45	5.77	7.00	5.85	24.08	6.02
T ₂	7.48	5.78	6.40	4.84	24.51	6.12
T ₃	5.91	5.52	6.90	5.82	24.16	6.04
T ₄	6.30	6.60	7.01	6.28	26.20	6.55
T ₅	5.60	5.95	6.11	5.99	23.66	5.91
T ₆	4.54	5.77	6.36	6.41	23.10	5.77
T ₇	5.97	5.90	6.23	6.51	24.62	6.15
T ₈	5.62	4.56	6.02	7.13	23.34	5.83
T ₉	6.41	4.02	5.32	6.24	22.00	5.50
T ₁₀	5.84	8.07	6.46	6.36	26.74	6.68
T ₁₁	6.00	6.19	6.16	5.18	23.54	5.88
T ₁₂	5.54	6.83	6.15	5.21	23.74	5.93

Cuadro 29. Datos originales de volumen de raíces por estaca (cm³).

Tratamiento	Volumen de raíces				Total Trat.	Prom. Trat.
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄		
T ₁	2.50	3.33	2.17	2.50	10.50	2.63
T ₂	2.67	3.00	3.17	2.67	11.51	2.88
T ₃	3.00	3.17	3.00	3.57	12.74	3.19
T ₄	3.00	3.20	3.53	3.10	12.83	3.21
T ₅	2.33	2.37	2.50	2.20	9.40	2.35
T ₆	1.27	2.17	2.33	2.17	7.93	1.98
T ₇	2.50	3.00	2.67	2.43	10.60	2.65
T ₈	1.17	1.80	1.67	2.00	6.63	1.66
T ₉	2.13	1.63	1.90	2.13	7.80	1.95
T ₁₀	3.67	3.83	3.17	3.33	14.00	3.50
T ₁₁	2.57	2.17	2.03	2.03	8.80	2.20
T ₁₂	2.43	2.67	2.50	2.40	10.00	2.50

Cuadro 30. Volumen de raíces por estaca, datos transformados $\sqrt{x+1}$.

Tratamiento	Volumen de raíces				Total Trat.	Prom. Trat.
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄		
T ₁	1.87	2.08	1.78	1.87	7.60	1.90
T ₂	1.91	2.00	2.04	1.91	7.87	1.96
T ₃	2.00	2.04	2.00	2.13	8.17	2.04
T ₄	2.00	2.04	2.12	2.02	8.20	2.05
T ₅	1.82	1.83	1.87	1.78	7.32	1.83
T ₆	1.50	1.78	1.82	1.78	6.89	1.72
T ₇	1.87	2.00	1.91	1.85	7.63	1.91
T ₈	1.47	1.67	1.63	1.73	6.51	1.62
T ₉	1.77	1.62	1.70	1.77	6.86	1.71
T ₁₀	2.16	2.19	2.04	2.08	8.48	2.12
T ₁₁	1.88	1.78	1.74	1.74	7.15	1.78
T ₁₂	1.85	1.91	1.87	1.84	7.48	1.87

Cuadro 31. Datos originales de peso seco de raíces por estaca (g).

Tratamiento	Peso seco de raíces				Total Trat.	Prom. Trat.
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄		
T ₁	0.42	0.30	0.44	0.73	1.89	0.47
T ₂	0.47	0.80	0.63	0.59	2.49	0.62
T ₃	0.39	1.45	0.48	0.44	2.76	0.69
T ₄	0.75	0.68	1.21	0.56	3.20	0.80
T ₅	0.51	0.69	0.56	0.64	2.40	0.60
T ₆	0.61	0.56	0.83	0.56	2.56	0.64
T ₇	0.34	0.33	0.55	0.52	1.74	0.43
T ₈	0.67	0.77	0.41	0.39	2.24	0.56
T ₉	0.53	0.53	0.48	0.66	2.21	0.55
T ₁₀	0.97	1.22	0.92	0.78	3.88	0.97
T ₁₁	0.61	0.70	1.21	0.51	3.03	0.76
T ₁₂	0.61	1.13	0.76	0.79	3.28	0.82

Cuadro 32. Peso seco de raíces por estaca, datos transformados $\sqrt{x+1}$.

Tratamiento	Peso seco de raíces				Total Trat.	Prom. Trat.
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄		
T ₁	1.19	1.14	1.19	1.31	4.84	1.21
T ₂	1.21	1.34	1.27	1.26	5.09	1.27
T ₃	1.17	1.56	1.21	1.19	5.16	1.29
T ₄	1.32	1.29	1.48	1.25	5.36	1.34
T ₅	1.22	1.30	1.25	1.28	5.06	1.26
T ₆	1.27	1.25	1.35	1.24	5.12	1.28
T ₇	1.15	1.15	1.24	1.23	4.79	1.19
T ₈	1.29	1.33	1.18	1.17	4.99	1.24
T ₉	1.23	1.24	1.21	1.29	4.99	1.24
T ₁₀	1.40	1.49	1.38	1.33	5.61	1.40
T ₁₁	1.27	1.30	1.48	1.22	5.28	1.32
T ₁₂	1.26	1.45	1.32	1.33	5.39	1.34

Cuadro 33. Análisis descriptivo de costos

Actividades	Unidad de medida	Cantidad	Valor (S/.)	Parcial. (S/.)	Total (S/.)
Preparación del vivero					
Limpieza del área	Jornal	1	15.00	15.00	
Delimitación del vivero	Jornal	1	15.00	15.00	
Construcción del tinglado	Jornal	2	15.00	30.00	60.00
Desinfección del sustrato					
Desinfección general	Jornal	1	15.00	15.00	15.00
Preparación de las estacas					
Obtención de estacas					
Extracción general	Jornal	4	15.00	60.00	
Desinfección de las estacas					
Desinfección general	Jornal	0,5	15.00	7.50	67.50
Siembra					
Siembra general	Jornal	4	15.00	60.00	60.00
Manejo del vivero					
Desmalezado					
Durante los tres meses (1/4 jornal por semana)	Jornal	3	15.00	45.00	
Control de enfermedades					
Aplicación general	Jornal	0,5	15.00	7.50	52.50
Cosecha de estacas					
Cosecha general	Jornal	3	15.00	45.00	45.00
Productos utilizados					
Sanidad					
Farmex ®	Kilo	0,5	25.00	12,50	
Protexin ®	Litro	0,5	35.00	17.00	
Benomil ®	Kilo	1	50.00	50.00	79.50
Fitoregulador					
Rapid Root ®	Gramos	32,4	0.16	5018	5.18
Insumos de los sustratos					
Arena	Sacos de 50 kg	4	2.00	8.00	
Tierra Agrícola	Sacos de 50 kg	15	8.00	120.00	
Estiércol de vacuno	Sacos de 50 kg	2	4.00	8.00	
Gallinaza	Sacos de 50 kg	2	3.00	6.00	
Cascarilla de arroz	Sacos de 50 kg	2	3.00	6.00	148.00
Materiales					
Estacas de "Sacha inchi"	Unidad	800	0.10	80.00	
Bolsas de polietileno	Ciento	8	4.00	32.00	
Bolsitas de chupete (3x10)	1/2 ciento	16	0.50	8.00	
Lavatorio plástico	Unidad	1	5.00	5.00	
Tijera de podar	Unidad	4	8.00	32.00	
Rafia	Unidad	2	2.00	4.00	
Manta plástica	Metro	15	1.70	25.50	
Wincha	Unidad	1	5.00	5.00	191.52
Otros					
Análisis de suelo	Muestra	6	30.00	180.00	180.00
Costo total					904.20

Costo por tratamiento

$T_1 = \text{Arena}^*$	52.42
$T_2 = \text{TA}^*$	60.42
$T_3 = \text{TA} + \text{NA}^*$	60.42
$T_4 = \text{TA} + \text{CA}^*$	63.42
$T_5 = \text{TA} + \text{EV}^*$	64.42
$T_6 = \text{TA} + \text{G}^*$	63.42
$T_7 = \text{Arena}$	51,56
$T_8 = \text{TA}$	59,56
$T_9 = \text{TA} + \text{NA}$	59,56
$T_{10} = \text{TA} + \text{CA}$	62,56
$T_{11} = \text{TA} + \text{EV}$	63,56
$T_{12} = \text{TA} + \text{G}$	62,56

* Con aplicación de Rapid Root ®

T9 r1
T12 r3
T8 r2
T11 r3
T7 r1
T10 r3
T3 r4
T5 r1
T4 r1
T2 r2
T1 r2
T6 r1
T8 r1
T11 r4
T10 r4
T9 r2
T12 r4
T7 r3
T3 r2
T6 r3
T4 r4
T2 r3
T5 r4
T1 r1
T9 r3
T11 r1
T7 r2
T10 r1
T8 r3
T12 r1
T1 r4
T4 r2
T6 r4
T2 r1
T5 r2
T3 r3
T10 r2
T8 r4
T12 r2
T9 r4
T11 r2
T7 r4
T5 r3
T1 r3
T3 r1
T6 r2
T2 r4
T4 r3

10 m

Figura 7. Croquis de la distribución de los tratamientos en el campo experimental.

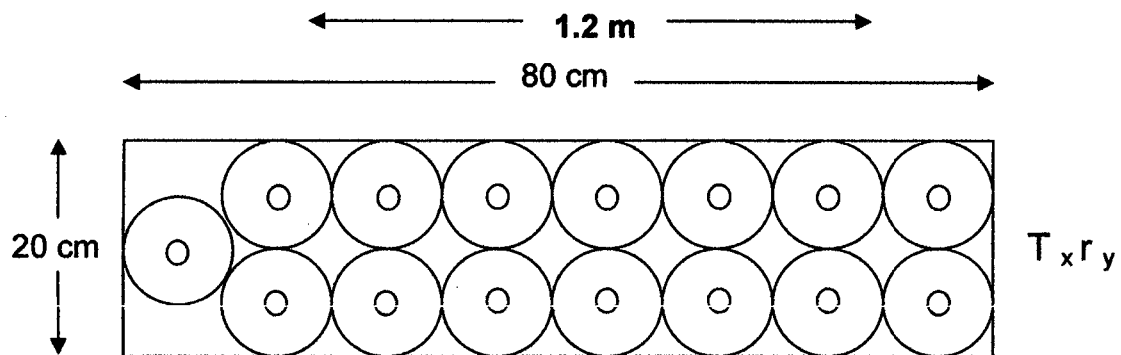


Figura 8. Croquis de la distribución de las bolsas en cada repetición por tratamiento.

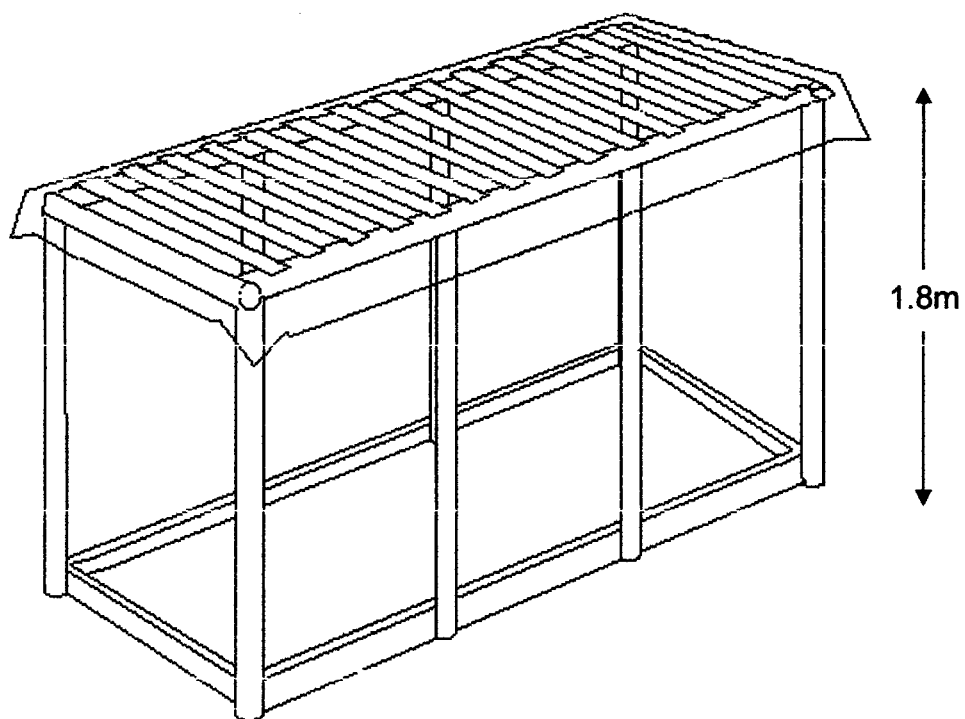


Figura 9. Croquis del tinglado.



Figura 10. Plantado de las estacas en el sustrato.

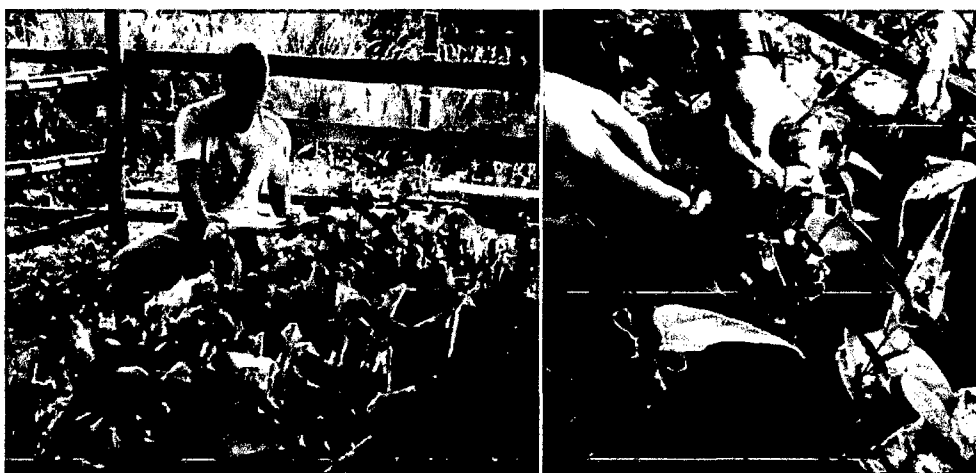


Figura 11. Conteo de brotes de las estacas.

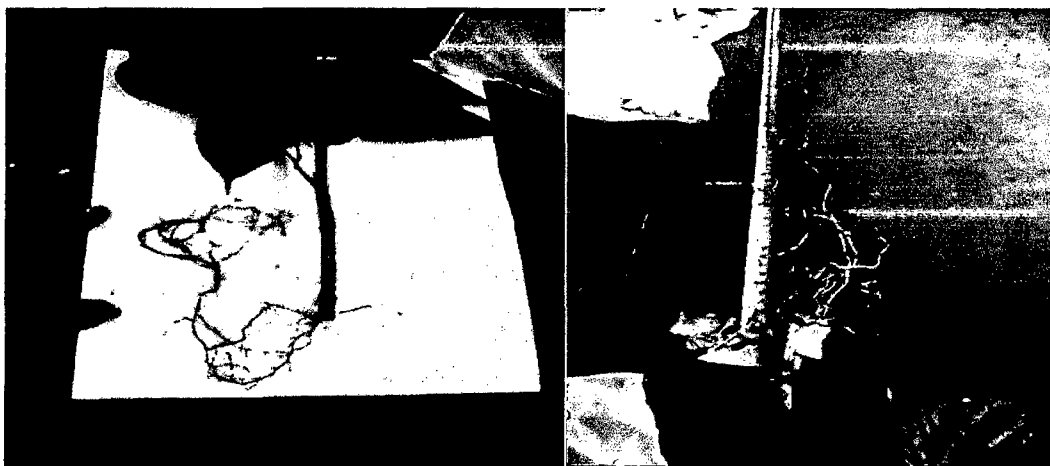


Figura 12. Conteo de raíces por estaca.