

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**PROPAGACIÓN DEL ACHIOTE (*Bixa orellana L.*) CON LA APLICACIÓN
DE TRES ENRAIZADORES A DIFERENTES TIPOS DE ESTACA EN
ALTO BENI**

JUAN ROBERTO MACHICADO BOTETANO

La Paz – Bolivia

2007

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**PROPAGACIÓN DEL ACHIOTE (*Bixa orellana L.*) CON LA APLICACIÓN DE TRES
ENRAIZADORES A DIFERENTES TIPOS DE ESTACA EN ALTO BENI**

*Tesis de Grado presentada como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

JUAN ROBERTO MACHICADO BOTETANO

ASESOR:

Ing. Ramiro Ochoa Torrez

Ing. M.Sc. Ángel Pastrana Albis

COMITÉ REVISOR:

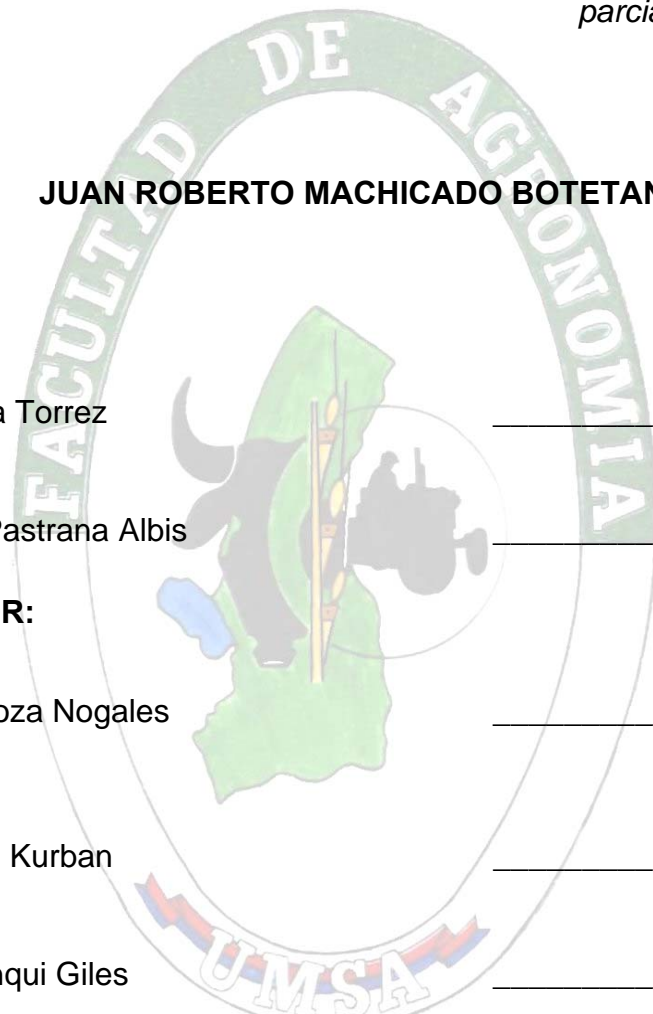
Ing. Ramiro Mendoza Nogales

Dr. Ph Abul Kalam Kurban

Ing. Jorge Cusicanqui Giles

APROBADA

PRESIDENTE:



DEDICATORIA

A Dios, a la vida, a mi familia

Con profundo aprecio, cariño y respeto a los seres que más amo, mis padres Armando y Aidee, quienes siempre compartieron mis triunfos y mis derrotas; los mejores amigos que tengo.

A mí querido hijo Christian y mis hermanos Alfredo y Alex, con amor y gratitud quienes supieron apoyarme en la culminación de esta etapa de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

Con el término del presente trabajo finaliza también un ciclo lleno de esfuerzos y sacrificios compartidos con las personas que me brindaron su apoyo de una u otra forma.

Debo entonces agradecer primeramente a mis padres quienes me guiaron en los momentos difíciles y a su vez se alegraron de mis logros no tan solo académicos sino también de mi crecimiento como persona. Así también a mi hijo Christian, mis hermanos Lic. Alex Machicado y Sra. Lic. Cindy Baez, Lic. Alfredo Machicado y Sra. Prof. Verónica Marquez, a mis sobrinos Alejandro y Saúl quienes en todo momento me demostraron su preocupación y ayuda.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, y a todos los catedráticos por los conocimientos y experiencias impartidas y de esta manera haber contribuido a mi formación profesional.

A la Estación Experimental de Sapecho dependiente de la Prefectura del Departamento de La Paz en convenio con la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, que me concedió realizar el presente Trabajo.

Mi agradecimiento al Ing. Rene Calatayud V., Director de la Estación Experimental de Sapecho por su apoyo, amistad y valioso consejo en el presente trabajo

Expreso mi más sincero agradecimiento a los Ing. M.Sc. Ángel Pastrana Albis e Ing. Ramiro Ochoa Torres, por la amistad, el asesoramiento, guía y orientación en la realización del presente trabajo, sin los cuales no hubiera sido posible su ejecución.

Mi agradecimiento a los señores tribunales, Dr. PH Abul Kalam Kurban, Ing. Ramiro Mendoza Nogales e Ing. Jorge Cusicanqui Giles, por la revisión, observaciones y enriquecimiento del presente trabajo.

A todo el personal Técnico, administrativo y trabajadores de la Estación Experimental de Sapecho por la colaboración efectuada en la investigación.

Mi agradecimiento al Ing. José Villareal F. por su amistad y valioso consejo en el presente trabajo.

A los Compañeros Tesistas de La Estación Experimental de Sapecho, con quienes compartí gratos momentos durante el trabajo de campo de la tesis.

Agradezco al Sr. Juan Lipacho Cuqueño por haberme apoyado en diferentes momentos de la realización de mi trabajo.

A todos los compañeros y amigos de estudio que me brindaron su amistad y apoyo.

Finalmente mi agradecimiento a Dios por haberme dado salud y la fuerza necesaria para vencer todos los obstáculos que se presentaron y concluir satisfactoriamente este trabajo de Tesis.

Contenido

ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ANEXOS.....	vi
RESUMEN.....	viii
SUMMARY	x

ÍNDICE GENERAL

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.2 Hipótesis	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Origen del cultivo	4
2.2 Clasificación taxonómica.....	4
2.3 Descripción morfológica.....	4
2.4 Ecología del cultivo	6
2.4.1 Suelo	6
2.4.2 Clima	6
2.5 Propagación	6
2.5.1 Propagación vegetativa.....	7
2.5.1.1 Propagación asexual por esquejes.....	7
2.5.1.2 Diferencia entre diversas partes de la rama	7
2.5.1.3 Bases anatómicas y fisiológicas de la propagación por estacas	7
2.5.1.4 Los efectos de yemas	8
2.5.2 Cambios bioquímicos durante el desarrollo de raíces de advenimiento.....	8
2.5.3 Formación de raíces en las estacas	8
2.5.4 Condiciones ambientales durante el enraizamiento	9
2.5.4.1 Suelo y pH.....	9
2.5.4.2 Temperatura.....	10
2.5.5 Tratamiento con reguladores de crecimiento.....	10
2.5.6 Sustancias reguladoras del crecimiento	11
2.5.7 Acción de las hormonas.....	12
2.5.8 Clasificación de los reguladores de crecimiento	13
2.5.8.1 Auxinas	13
2.5.8.1.1 Auxinas naturales.....	14
2.5.8.1.2 Auxinas sintéticas	14
2.5.8.1.3 Utilización de los fitoreguladores de crecimiento para estimular el enraizamiento... 14	14
2.5.8.1.4 Ácido naftalenacético	15
2.5.8.1.5 Ácido indolbutírico.....	15
2.6 Medios de enraizamiento natural	15

2.6.1	Mantillo o tierra vegetal	15
2.6.2	Arena.....	16
2.6.3	Abono.....	16
2.6.4	Turba.....	16
2.7	Desinfección de sustratos	16
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1	Localización	18
3.1.1	Ubicación geográfica.....	18
3.1.2	Descripción agroecológica de la zona de Alto Beni	18
3.1.2.1	Los suelos de la zona del Alto Beni	21
3.2	Materiales.....	22
3.2.1	Material de laboratorio	22
3.2.2	Material de campo.....	22
3.2.3	Material de gabinete.....	23
3.3	Metodología	23
3.3.1	Procedimiento experimental.....	23
3.3.1.1	Establecimiento del vivero	23
3.3.1.2	Preparación del material vegetal.....	23
3.3.1.3	Preparación de soluciones.....	24
3.3.1.4	Preparación del sustrato	24
3.3.1.5	Toma de datos	24
3.3.2	Diseño experimental	24
3.3.2.1	Modelo lineal.....	24
3.3.2.2	Factores de estudio.....	25
3.3.2.3	Formulación de tratamiento	26
3.3.3	Análisis estadístico.....	26
3.3.3.1	Análisis de varianza	26
3.3.3.2	Prueba de Medias de Duncan.....	26
3.3.3.3	Prueba de eficiencia del diseño	27
3.3.3.4	Croquis del experimento	28
3.4	Labores culturales.....	29
3.4.1	Riego.....	29
3.4.2	Control de malezas.....	29
4.4.3	Periodo de aclimatación.....	29
3.5	Variables de respuesta	29
3.5.1	Porcentaje de prendimiento de estaca.....	29
3.5.2	Longitud de raíces.....	30
3.5.3	Número de raíces.....	30
3.5.4	Días a la brotación	30
3.5.5	Altura de brotes.....	30
3.5.6	Volumen radicular	30
3.5.7	Velocidad de crecimiento	30
3.6	Análisis Económico	31
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	32
4.1	Datos meteorológicos registrados en el periodo de estudio	32
4.1.1	Temperatura.....	32
4.1.2	Humedad relativa	33
4.1.3	Precipitación.....	34
4.2	Porcentaje de prendimiento de estaca.....	34
4.2.1	Tipo de estaca.....	35
4.2.2	Fitohormonas	36
4.2.3	Interacción tipo de estaca x fitohormona	37
4.3	Longitud de raíz	37

4.3.1	Tipos de estacas	38
4.3.2	Fitohormonas	39
4.3.3	Interacción tipo de estaca x fitohormona	39
4.4	Número de raíces.....	41
4.4.1	Tipo de Estaca	41
4.4.2	Fitohormonas	42
4.5	Días a la brotación	44
4.5.1	Tipo de Estaca	45
4.5.2	Fitohormona	45
4.6	Altura de Brotes	46
4.6.1	Tipo de Estaca	47
4.6.2	Fitohormona	49
4.7	Volumen Radicular	53
4.7.1	Tipo de Estaca	53
4.7.2	Fitohormonas	54
4.7.3	Interacción tipo de estaca x fitohormona	55
4.8	Velocidad de Crecimiento	56
4.9	Costos variables de producción	59
5.	CONCLUSIONES	61
6.	RECOMENDACIONES.....	63
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	64

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Formulación de tratamientos	26
Cuadro 2. Datos meteorológicos promedios de la Estación Experimental de Sapecho de diciembre a mayo (2004-2005).....	32
Cuadro 3. Análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento a los 60 días.....	34
Cuadro 4. Análisis de varianza para la longitud de raíces a los 150 días	37
Cuadro 5. Análisis de varianza para el número de raíces a los 150 días.....	41
Cuadro 6. Valores de F calculado del análisis de varianza para días a la brotación	44
Cuadro 7. Valores de F calculado del análisis de varianza para altura de brotes.....	47
Cuadro 8. Análisis de varianza para el volumen radicular a los 150 días	53
Cuadro 9. Análisis de regresión, correlación y coeficiente de determinación en función al tiempo y altura de brotes	57
Cuadro 10. Análisis Económico de la Relación Beneficio Costo.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización de Sapecho, Provincia Sud Yungas, departamento de La Paz.....	19
Figura 2. Provincia Sud Yungas y Localización de la Estación Experimental de Sapecho.....	20
Figura 3. Croquis del experimento.....	28
Figura 4. Diagrama de temperatura promedio máxima, mínima y media de la zona de estudio	32
Figura 5. Diagrama de la humedad relativa de la zona de estudio	33
Figura 6. Diagrama de la precipitación promedio de la zona de estudio.....	34
Figura 7. Comparación de medias de Duncan para el tipo de estaca sobre el porcentaje de prendimiento.....	35
Figura 8. Comparación de medias de Duncan de las fitohormonas sobre el porcentaje de prendimiento.....	36
Figura 9. Efecto de la interacción del tipo de estaca y fitohormona sobre el porcentaje de prendimiento.....	37
Figura 10. Comparación de medias de Duncan para el tipo de estaca sobre la longitud radicular.....	38
Figura 11. Efecto de las fitohormonas sobre la longitud de raíces.....	39
Figura 12. Efecto de la interacción del tipo de estaca y fitohormona sobre la longitud de las raíces	40
Figura 13. Efecto del tipo de estaca sobre el número de raíces	42
Figura 14. Efecto de las fitohormonas sobre el número de raíces	43
Figura 15. Efecto del tipo de estaca sobre los días a la brotación	45
Figura 16. Efecto de las fitohormonas sobre los días a la brotación.....	46
Figura 17. Efecto del tipo de estaca sobre la altura de brotes en función del tiempo	48
Figura 18. Efecto de las fitohormonas sobre la altura de brotes en función del tiempo.....	49
Figura 19. Efecto de la interacción del tipo de estaca y fitohormona sobre la altura de brotes.....	50
Figura 20. Efecto de la interacción del tipo de estaca y fitohormona sobre la altura de brotes.....	51
Figura 21. Efecto de la interacción del tipo de estaca y fitohormona sobre la altura de brotes.....	52
Figura 22. Efecto de la interacción del tipo de estaca y fitohormona sobre la altura de brotes.....	52
Figura 23. Efecto del tipo de estaca sobre el volumen radicular	54
Figura 24. Efecto de las fitohormonas sobre el volumen radicular.....	55
Figura 25. Efecto de la interacción del tipo de estaca y fitohormona sobre el volumen radicular.....	56
Figura 26. Velocidad de crecimiento en función al tiempo y la altura de brotes.....	58
Figura 27. Análisis económico de la relación Beneficio Costo	60

ANEXOS

	Página
ANEXO 1. Prueba de eficiencia del diseño y varianza entre bloques (porcentaje de prendimiento).....	69
ANEXO 2. Longitud de raíz	69
ANEXO 3. Número de raíces.....	69
ANEXO 4. Prueba de eficiencia del DBA – DCA para los días a la brotación.....	69
ANEXO 5. Prueba de eficiencia del DBA – DCA para la Altura de Brotes	70
ANEXO 6. Volumen Radicular	70
ANEXO 7. Análisis de varianza para los días a la brotación a los 27 días.....	71
ANEXO 8. Análisis de varianza para los días a la brotación a los 38 días.....	71
ANEXO 9. Análisis de varianza para los días a la brotación a los 49 días.....	71
ANEXO 10. Análisis de varianza para los días a la brotación a los 60 días.....	72
ANEXO 11. Análisis de varianza para la altura de brotes a los 50 días.....	72
ANEXO 12. Análisis de varianza para la altura de brotes a los 70 días.....	72
ANEXO 13. Análisis de varianza para la altura de brotes a los 90 días.....	73
ANEXO 14. Análisis de varianza para la altura de brotes a los 110 días.....	73
ANEXO 15. Análisis de varianza para la altura de brotes a los 130 días.....	73
ANEXO 16. Análisis de varianza para la altura de brotes a los 150 días.....	74
ANEXO 17. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio para el tratamiento 1 (Estaca Apical + Roothor).....	75
ANEXO 18. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio para el tratamiento 2 (Estaca Apical + Rootone).....	76
ANEXO 19. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio para el tratamiento 3 (Estaca Apical + Biozyme TF*).....	77
ANEXO 20. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio para el tratamiento 4 (Estaca Apical + Sin tratamiento)	78
ANEXO 21. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio para el tratamiento 5 (Estaca Intermedio + Roothor)	79
ANEXO 22. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio para el tratamiento 6 (Estaca Intermedio + Rootone).....	80
ANEXO 23. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio para el tratamiento 7 (Estaca Intermedio + Biozyme TF*).....	81
ANEXO 24. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio para el tratamiento 8 (Estaca Intermedio + Sin Tratamiento).....	82
ANEXO 25. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio para el tratamiento 9 (Estaca Basal + Roothor)	83
ANEXO 26. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio para el tratamiento 10 (Estaca Basal + Rootone).....	84
ANEXO 27. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio para el tratamiento 11 (Estaca Basal + Biozyme TF*).....	85
ANEXO 28. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio para el tratamiento 12 (Estaca Basal + Sin Tratamiento).....	86
ANEXO 29. Bolsas con sustratos en las platabandas.....	87
ANEXO 30. Distribución en las macetas de acuerdo al diseño de las estacas sumergidas en las soluciones preparadas (enraizadores).....	87
ANEXO 31. Infraestructura del vivero y cámara de enraizamiento (propagadores).....	88
ANEXO 32. Distribución de las estacas en los propagadores (cámaras de enraizamiento).....	88

ANEXO 33. Inicio de Brotes en estacas Intermedias tratadas con Rootone a los 35 días después del plantado	89
ANEXO 34. Estaca de Achiote enraizadas tomadas a los 150 días después del plantado	90

RESUMEN

El Achiote (*Bixa orellana L.*) es una de las especies de diversas utilidades en el arte culinario e industrial, su valor económico proviene de las semillas rodeadas y envueltas en un colorante denominado bixina. En Bolivia la producción es silvestre pero existen zonas potenciales para la explotación de este cultivo y en el mercado una creciente demanda a nivel nacional e internacional.

Los cultivos existentes en Bolivia presentan una variabilidad genética significativa, baja producción y contenido variable de pigmentos (Bixina), por lo tanto se requiere de técnicas apropiadas, para una rápida propagación que favorezcan la obtención de plantines con buenas características al momento del trasplante.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar la influencia de diferentes fitohormonas en distintos tipos de estaca en la propagación del Achiote. La investigación se llevo a cabo en la Estación Experimental de Sapecho dependiente del Servicio Departamental Agrícola (SEDAG) ubicado en el municipio de Palos Blancos (Alto Beni) del Departamento de La Paz. En condiciones de vivero, en platabandas cubiertas con carpa de plástico y malla Saran

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar con Arreglo Factorial en una combinación de tres tipos de estaca (apical, intermedio y basal), y tres diferentes fitohormonas (Roothor, Rootone, Biozyme*TF) más un testigo con cuatro repeticiones por tratamiento haciendo un total de 48 unidades experimentales. Para el análisis estadístico se evaluaron los parámetros: porcentaje de prendimiento de estaca, longitud de raíces, número de raíces, días a la brotación, altura de brotes, volumen radicular y velocidad de crecimiento.

En estacas intermedias de Achiote, se observaron diferencias significativas con un porcentaje de prendimiento del 72,5%, una longitud de raíz de 14,9 cm, un número de 26,4 raíces y un volumen radicular de 2,19 cm³ en relación a los otros tipos de estaca (basal y apical)

El tratamiento con la aplicación de Rootone obtuvo el mayor porcentaje de prendimiento en 71,3%, un incremento radicular en 25,3 raíces, con una longitud radicular de 14,9 cm y un volumen radicular de 2,09 cm³ con respecto a los otros productos (Roothor y Biozyme) y el testigo.

En las interacciones se pudo apreciar un incremento mayor en porcentaje de prendimiento con los productos Rootone y Roothor en 85,35 y 81,46%, con una longitud radicular de 17,57 y 15,6 cm y un volumen radicular de 2,83 y 2,47 cm³ en relación al Biozyme y el testigo. No se observaron diferencias estadísticas significativas en la interacción fitohormona número de raíces.

Las respuestas obtenidas para los días a la brotación en estacas intermedias fueron mayores en el periodo de inicio de brotes a los 60 días con 46,3%, con respecto a las estacas apicales y basales. Se observó que con la aplicación de los productos Roothor y Rootone fueron estadísticamente iguales en el periodo de inicio de brotes con 42,5 y 41,7% en relación al Biozyme y el testigo.

A los 150 días en estacas intermedias se observó un incremento de 10,95 cm en altura de brotes, en relación a las estacas apicales y basales, con la aplicación de los productos Rootone y Roothor que fueron estadísticamente iguales en 10,53 y 10,01 cm con respecto al Biozyme y el testigo. La interacción fitohormona por altura de brotes presento un incremento en altura con la aplicación de Rootone y Roothor en estacas intermedias en 12,59 y 11,9 cm respectivamente.

En la variable velocidad de crecimiento se pudo observar que por cada centímetro de incremento de longitud de estaca se espera un incremento para cada tratamiento, es decir que existe dependencia entre la altura de brotes y el tiempo.

En el análisis económico de la relación beneficio costo se observó que los mejores incrementos registrados fueron con la aplicación de Roothor y Rootone en estacas intermedias y la aplicación de Roothor en estacas de tipo basal, presentaron una relación beneficio costo superior en 6.38, 5.15 y 5.15 Bs. en relación a los demás tratamientos.

SUMMARY

The Achiote (*Bixa orellana L.*) it is one of the species with diverse utilities in the culinary and industrial art, its economic value comes from the seeds surrounded and wrapped in a coloring denominated bixina. In Bolivia the production is wild but potential areas exist for the exploitation of this cultivation and in the market a growing demand at national and international level.

The existent cultivations in Bolivia present a genetic variability significant, low production and variable content of pigments (Bixina), therefore it is required of appropriate techniques, for a quick propagation that favor the obtaining of small plants with good characteristic to the moment of the transplant.

The objective of the present investigation work was to determine the influence of different fito-hormones in different stake types in the propagation of the Achiote. The investigation was carried out in the Experimental Station from Sapecho dependent of the Agricultural Departmental Service (SEDAG) located in the municipality Palos Blancos (Alto Beni) from the Department La Paz. Under conditions nursery, in platforms covered with carp of plastic and mesh Saran.

The Design of Complete Blocks was used at random with Factorial Arrangement in a combination of three stake types (apical, intermediate and basal), and three different fito-hormones (Roothor, Rootone, Biozyme*TF) more a witness with four repetitions for treatment making a total of 48 experimental units. For the statistical analysis the parameters were evaluated: percentage of stake sprouts, longitude of roots, number of roots, days of the bud, height of buds, root volume and speed of growth.

In intermediate stakes of Achiote, significant differences were observed with a percentage of sprouts of 72,5%, a longitude of root of 14,9 cm, a number of 26,4 roots and a volume of root of 2,19 cm³ in relation to the other stake types (basal and apical)

The treatment with the application of Rootone obtained the biggest percentage of sprouts in 71,3%, a root increment in 25,3 roots, with a longitude of root of 14,9 cm and a volume of root of 2,09 cm³ than the other products (Roothor and Biozyme) and the witness.

In the interactions we can appreciate a bigger increment in percentage of sprouts with the products Rootone and Roothor in 85,35 and 81,46%, with a longitude of root of 17,57 and 15,6 cm and a volume of root of 2,83 and 2,47 cm³ in relation to the Biozyme and the witness. Significant statistical differences were not observed in the interaction fito-hormone number of roots.

The answers obtained for the days to the bud in intermediate stakes were bigger in the period of beginning of buds to the 60 days with 46,3%, than to the stakes apicals and basal. It was observed that with the application of the products Roothor and Rootone were statistically same in the period of beginning of buds with 42,5 and 41,7% in relation to the Biozyme and the witness.

To the 150 days in intermediate stakes an increment of 10,95 cm was observed in height of buds, in relation to the stakes apicals and basal, with the application of the products Rootone and Roothor that were statistically same in 10,53 and 10,01 cm with regard to the Biozyme and the witness. The interaction fito-hormone by height of buds presented an increment in height with the application of Rootone and Roothor in intermediate stakes in 12,59 and 11,9 cm respectively.

In the variable speed of growth we can observe that for each centimeter of increment of stake longitude an increment is expected for each treatment, that is to say that dependence exists between the height of buds and the time.

In the economic analysis of the relationship benefit - cost it was observed that the best registered increments were with the application of Roothor and Rootone in intermediate stakes and the application of Roothor in stakes of basal type, they presented a relationship benefit - cost superior in 6.38, 5.15 and 5.15 Bs. in relation to the other treatments.

1. INTRODUCCIÓN

El Achiote (*Bixa orellana L*) es un arbusto que se encuentra ampliamente difundido en forma silvestre y cultivada en el área amazónica de Sud América y otras regiones, su valor económico proveniente de las semillas que están rodeadas y envueltas en un material colorante denominado bixina, cuyo contenido porcentual determina la calidad de la semilla, su consumo esta en notable expansión en el mercado culinario e industrial, basado en su propiedad tintórea, cicatrizante, digestivo y su contenido de vitaminas (Jatun Sach'a, 2000)

En Bolivia se vive el despertar del interés en el cultivo de Achiote (*Bixa orellana L.*) muchos países vecinos principalmente Perú, han avanzado considerablemente en su estudio. En los últimos años, la utilización de colorantes artificiales en los alimentos ha sido cuestionada, especialmente por el uso de compuestos derivados del petróleo, que aún cuando posean ventajas en su manipulación, han sido catalogados como agentes cancerígenos (IPHAE, 1993)

El mismo autor menciona que el achiote es un arbusto de rápido crecimiento apreciado a nivel mundial, de las semillas se extrae aceite y un colorante natural que cubre la epidermis. El colorante es usado en tejidos, cosméticos y en alimentos (fiambres y quesos). En Bolivia su producción es silvestre y se tienen rendimientos de 2-3 kilogramos por árbol. En el mercado mundial el precio de la semilla oscila entre 500-2500 \$us por tonelada. Este cultivo esta poco difundido en la región de Alto Beni y se reduce a nivel de huerto familiar con algunas plantas que se encuentran cerca de sus casas.

La producción vegetal se caracteriza por el desarrollo de tecnologías que facilitan y optimizan la propagación vegetativa, con la posibilidad de controlar el ambiente y obtener plantas que posean el mismo genotipo que la planta madre (Hartmann, 1992)

El achiote viene a ser una alternativa para la diversificación de los cultivos en la región de Alto Beni, Tomando en cuenta las características agronómicas, industriales y comerciales del achiote, pudiendo llegar a constituir un rubro bastante eficiente, considerando estos aspectos, el cultivo de achiote en esta región resulta ser una alternativa interesante. Actualmente la propagación de plantines de achiote se realiza por semilla, basándose en observaciones empíricas de campo, por lo que no se han estudiado nuevas técnicas de propagación, en especial la propagación vegetativa como base de mejoramiento genético y técnico para el desarrollo del cultivo.

Los cultivos existentes en la zona presentan una variabilidad genética significativa tanto en caracteres cuantitativos como cualitativos, así se puede observar cultivares que denotan alta dehiscencia, baja producción y contenido de pigmentos variables (Bixina)

Por lo tanto, el presente estudio de investigación tiene como objetivo general determinar la influencia de diferentes fitohormonas en distintos tipos de estaca en la propagación del Achiote en Alto Beni, tomando en cuenta la propagación rápida de la plantación por estacas y la aplicación de enraizadores que acortan el tiempo del desarrollo de la planta.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- Determinar la influencia de diferentes fitohormonas en distintos tipos de estaca en la propagación del Achiote en Alto Beni.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento de tres tipos de estaca, apicales, intermedias y basales de Achiote en vivero.
- Determinar los efectos de tres fitohormonas comerciales (Roothor, Rootone y Biozyme TF*) en el enraizamiento del Achiote.
- Determinar el costo beneficio de producción de cada tratamiento.

1.2 Hipótesis

- No existe efecto en el comportamiento a tres tipos de estaca para la reproducción vegetativa del Achiote.
- No existe efecto en el enraizamiento del Achiote con la aplicación de tres fitohormonas
- No existe diferencia de producción de los tratamientos en la relación costo beneficio

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origen del cultivo

El achiote o urucú es originario de la América Tropical cultivado en diversas regiones del mundo, desde México hasta Paraguay, Ecuador, Brasil y Bolivia, se lo encuentra prosperando bien en las zonas tropicales tanto secas como húmedas (Batista *et al.*, 1988)

En Bolivia la especie *Bixa orellana* L. se la encuentra distribuido prácticamente en todas las regiones tropicales, en condiciones de planta silvestre, creciendo abundantemente sobre todo cerca de las habitaciones y los potreros en los departamentos del Beni, Pando, Cochabamba, La Paz, Santa Cruz, Tarija y Chuquisaca (Cárdenas, 1969 y Arrázola, 1993)

2.2 Clasificación taxonómica

Según Hernández *et al.* (1998) la clasificación taxonómica de esta especie se da como sigue:

Subdivisión	: Angiospermas
Clase	: Dicotiledóneas
Orden	: Parietales
Familia	: Bixaceae
Género	: <i>Bixa</i>
Especie	: <i>B. Orellana</i> Linneo

2.3 Descripción morfológica

Es una planta perenne, árbol pequeño o arbusto grande que alcanza de 3 a 5 metros de altura, aunque algunas veces puede llegar a alcanzar hasta 8 y 10 metros de alto, siendo su copa baja y extendida, Su tallo es oscuro, ramificado a poca altura del suelo

con un diámetro que puede llegar hasta 20 o 30 cm. El follaje es denso y no es excesivamente ramificado. Las hojas son simples, grandes de color verde claro, persistentes, alternas, de bordes lisos, forma acorazonada y con largos pecíolos, de 10 a 20 cm. de ancho, glabras en el haz y envés. La savia es anaranjada y ligeramente amarga. Su raíz es pivotante y bien desarrollada (Hernández *et al.*, 1988)

Las flores están dispuestas en ramilletes terminales de las ramas jóvenes siendo estas hermafroditas y pueden variar de color desde el blanco al rosado según las variedades, su floración es escalonada y comienza por los capullos terminales. Al abrirse la flor, tiene 5 pétalos redondeados o de forma ovalada. Los estambres son muy numerosos, de 350 a 400, lo cual hace que sea una planta altamente polínica desde el punto de vista apícola (Enríquez y Salazar, 1983)

El fruto del achiote, es una cápsula de color pardo-rojizo, dehiscente de forma redonda o cónica, la superficie enrizada de pelos suaves a manera de espinillas, de color verde oscuro o morado según las variedades, que al madurar se tornan de color pardo-rojo oscuro, algunas variedades no presentan pelos. Cuando los frutos maduran la cápsula se abre en dos valvas, dejando al descubierto las semillas que son de forma piriforme, en número que varía entre 10 y 50 en relación con el tamaño de la cápsula, aunque en promedio se puede tomar como 20 semillas por cápsula (Llanos y Sánchez, 1985 y Aliaga 1985)

Los mismos autores señalan que las semillas están recubiertas por una fina membrana, debajo de la cual se encuentran los pigmentos colorantes rojizos. En los frutos redondos la concentración de colorante puede llegar al 5% mientras que en los de forma cónica, pueden alcanzar del 1,5 al 3,5%. En los de forma ovoide, la concentración no es mayor al 2%.

La semilla es relativamente pequeña muy liviana, de 5 a 5,5 mm de largo por 4 a 5 mm de ancho, recubierto por una sustancia viscosa de color anaranjado brillante o rojizo a amarillento, la que contiene el colorante que se explota comercialmente. Existe una gran variabilidad en la forma de las semillas, desde redondeadas hasta triangulares

piramidales, la variabilidad en peso y tamaño dentro de un árbol también es grande dependiendo de la variedad (Enríquez y Salazar, 1983)

2.4 Ecología del cultivo

2.4.1 Suelo

El achiote se adapta a una gran variedad de suelos, ya que se encuentra creciendo desde suelos franco-arenosos hasta arcillosos. Aunque crece en suelos de escasa fertilidad natural, los mejores rendimientos se han obtenido en suelos aluviales, bien drenados y con altos contenidos de materia orgánica (Aliaga, 1985)

2.4.2 Clima

El achiote es una planta rustica que se adapta fácilmente a diferentes tipos de clima, preferentemente en los de tipo calido-húmedos, semicálidos y templados, con temperaturas que varían entre 20 y 30 °C y precipitaciones anuales mayores a 1000 mm. Las condiciones óptimas para cultivar achiote las reúnen aquellas regiones entre 100 y 800 m de altitud, con temperaturas medias entre 20 y 26 °C y un máximo de 3 meses de época seca (ADEX, 1988)

2.5 Propagación

La propagación del achiote se lo realiza por semilla, estacas y por injertos. En la propagación por semilla, estas deben ser obtenidas de cápsulas bien maduras, de árboles sanos y productivos, se puede sembrar directamente en el surco o en bolsas. El inconveniente de la propagación por semilla es la relativa desigualdad del cultivo, por tratarse de una reproducción sexual. Las otras formas de propagación son por estacas, injerto, una forma asexual, que permite mayor homogeneidad y mejor selección (Jatun Sach'a, 2000)

2.5.1 Propagación vegetativa

2.5.1.1 Propagación asexual por esquejes

La propagación vegetativa o asexual se utiliza para producir una planta que posea el mismo genotipo que la planta madre (planta donadora) y esto es posible por que todas las células de una planta poseen la información necesaria y/o suficiente para reproducir la planta entera. En la multiplicación por estacas solo es necesario que un nuevo sistema de raíces adventicias se desarrolle, ya que la estaca posee yemas con aptitud potencial para desarrollar nuevos vástagos (Hartmann, 1992)

2.5.1.2 Diferencia entre diversas partes de la rama

Las estacas ideales en una planta constituyen un fracaso en otras, aunque puede ser valido en especies afines si se comparan diversas partes de la rama, mayormente enraízan mejor las estacas de la porción basal. Si de madera floral o vegetativa se trata, no es la presencia de yemas florales las que inhibe el enraizamiento, sino más bien una condición fisiológica o anatómica previa relacionado con la presencia de yemas florales (Hartmann, 1992)

En la composición química de las ramas existen marcadas diferencias de la parte basal a la parte apical. En estacas tomadas de diferentes partes de la rama, el mejor porcentaje de enraizamiento se obtiene de estacas de la porción basal de la rama (Castañeda, 1984)

2.5.1.3 Bases anatómicas y fisiológicas de la propagación por estacas

Las raíces adventicias suelen originarse a partir de células que se dividen en la proximidad del floema de los vasos conductores, los cuales forman un callo del que se diferencian luego las raíces. Si se produce una herida en una planta herbácea, las células parenquimáticas próximas a la herida se desdiferencian y vuelven a dividirse para formar un callo cicatricial, el cual corresponde a un conjunto de células parenquimáticas en varios estados de lignificación. En los vegetales leñosos, el callo

suele proceder del cambium, aunque también de la corteza y medula. Más tarde empiezan a aparecer en algunas células del callo diferenciaciones que conducen a un nuevo tejido (Stranburger, 1994)

El desarrollo vegetal está influenciado, entre otros factores, por diversas sustancias de síntesis natural, conocidas como hormonas y otras sintéticas denominadas reguladores de crecimiento, se puede decir que, todas las hormonas regulan el crecimiento, pero no todos los reguladores del crecimiento son hormonas. De las fitohormonas (etileno, giberelinas, citoquininas, auxinas e inhibidores del crecimiento, como el ácido abscísico), las auxinas son las que tienen el mayor efecto sobre la formación de raíces (Hartmann y Kester, 1998)

2.5.1.4 Los efectos de yemas

Desde hace mucho tiempo se demostró que la cantidad de alguna o algunas sustancias formadoras de raíces, distintas a las auxinas, de ocurrencia natural todavía no identificadas pero esenciales para la formación de raíces puede ser abundante en algunas plantas y escasa o aún inexistentes en otros (Hartmann y Kester, 1998)

2.5.2 Cambios bioquímicos durante el desarrollo de raíces de advenimiento

Cuando los esquejes han iniciado raíces adventicias se desarrolla una actividad metabólica considerable a medida que se desarrollan nuevos tejidos del tallo circundante para convertirse en raíces externas funcionales (Hartmann y Kester, 1998)

2.5.3 Formación de raíces en las estacas

En la mayoría de las especies vegetales la formación de raíces adventicias se produce después de obtener la estaca. Sin embargo, en algunas plantas se presentan iniciaciones preformadas de raíces, durante el desarrollo del tallo, cuya ubicación es generalmente la misma que la de las raíces iniciales no preformadas, y generalmente se vuelven latentes cuando se cortan las estacas y se les pone en condiciones ambientales favorables, después de lo cual crecen y se desarrollan como raíces adventicias (Van Den Heede y Lecourt, 1981)

2.5.4 Condiciones ambientales durante el enraizamiento

La luz es importante en todos los tipos de crecimiento de las plantas, pues es la fuente de energía en la fotosíntesis. En el enraizamiento de esquejes, los productos de la fotosíntesis son importantes para la iniciación y el crecimiento de las raíces. La intensidad y duración de la luz debe ser de magnitud suficiente para que se produzcan carbohidratos en exceso de los que se usan en la respiración (Van Den Heede y Lecourt, 1981)

2.5.4.1 Suelo y pH

Formado por materiales en estado sólido, líquido y gaseoso. Para un crecimiento satisfactorio de la planta, estos materiales deben estar presentes en proporciones adecuadas. La textura del suelo depende de las propiedades relativas de arena, limo y arcilla (Hartmann y Kester, 1998)

Los mismos autores mencionan que en los procedimientos de propagación las estacas enraizadas, con frecuencia se inician en una mezcla. Para obtener estas mezclas uniformes de mejores texturas, usualmente se añade a un suelo arena y algo de materia orgánica, como musgo turboso, aserrín o corteza desmenuzada.

La reacción del suelo (o pH) es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el mismo. Aunque no influye directamente en el crecimiento de las plantas, tiene varios efectos indirectos, como sobre la disponibilidad de varios nutrientes y la actividad de la flora microbiana benéfica. Una gama de pH de 5,5 a 7,0 es la mejor para el desarrollo de la mayoría de las plantas (Hartmann y Kester, 1998)

2.5.4.2 Temperatura

Las estacas tienen necesidad de una cierta temperatura para arraigar. Y los requerimientos de temperatura varían en función del medio. Es preciso mantener siempre un equilibrio entre diferentes factores que influyen en la fotosíntesis luz, temperatura, hidrometría y contenido de anhídrido carbónico de la atmósfera (Cuisance, 1988)

2.5.5 Tratamiento con reguladores de crecimiento

Weaver (1996) indica que el objetivo de tratar las estacas con reguladores de crecimiento es incrementar el prendimiento es decir el porcentaje de estacas que crecen vigorosamente en el vivero o el campo. Los efectos favorables de estos tratamientos son:

- a) Estimulación de la iniciación de las raíces
- b) Un incremento del porcentaje de estacas que forman raíces
- c) La aceleración del tiempo de enraizamiento, efectos que conducen en un ahorro de mano de obra y a la liberación del espacio en los viveros.
- d) Mayor cantidad y calidad de raíces.
- e) Se tiene una mayor uniformidad en las raíces recién formadas.

Un buen enraizamiento depende de la presencia en las estacas de cierto número de cofactores que en combinación con las auxinas permiten que las estacas emitan raíces, la fuente de estos cofactores son por lo común hojas. Sin embargo en estudios realizados por Ryan y colaboradores citado por Weaver (1996), han conducido a la conclusión de que la capacidad de enraizamiento no lo determina el tipo de hoja que abastece a las estacas sino el tipo de tallo del que surgen las raíces. Por su parte Thimanny Delisle citado por Weaver (1996) señalan que, las secciones tomadas de plantas jóvenes arraigan a menudo con mayor facilidad en la iniciación de las raíces de las estacas, que las secciones tomadas de plantas más adultas.

En las hojas y yemas se encontraron sustancias que estimulan el enraizamiento de las estacas, llamado rizocalina que ejerce cierta influencia, se desplaza por el floema desde la yema hasta la base de la estaca, en donde se activa para estimular la iniciación de raíces (Hartmann y Kester, 1998)

Los mismos autores mencionan que la rizocalina es considerado como un complejo de tres componentes: 1) un factor específico, traslocado de las hojas y caracterizado químicamente como orto-dihidroxifenol, 2) un factor no específico (auxina), que es traslocado y que se encuentra en concentraciones biológicamente bajas y 3) una enzima específica localizada en las células de ciertos tejidos (pecíolo, floema, cambium), que probablemente sea de tipo polifenol-oxidasa. El otro dihidroxifenol reacciona con auxina dondequiera que este presente la enzima requerida, dando origen al complejo de "rizocalina", que puede considerarse un paso en una cadena de reacciones conducentes a la iniciación de las raíces.

2.5.6 Sustancias reguladoras del crecimiento

Para la iniciación de raíces adventicias algunas concentraciones de materiales que ocurren naturalmente tienen una acción hormonal más favorable que otros. Las hormonas son compuestos orgánicos, distinto de los nutrientes producido por las plantas, las cuales en concentraciones bajas regulan los procesos fisiológicos vegetales, de ordinario en la planta se mueven de un sitio de producción a un sitio de acción (Hartmann, 1992 y Lira, 1994)

Los mismos autores mencionan que las sustancias reguladoras del crecimiento en las plantas son compuestos sintéticos u hormonas vegetales que modifican procesos fisiológicos de las plantas, regulan el crecimiento imitando a las hormonas, influyen en la síntesis, destrucción translocación o (posiblemente) modifican los sitios de acción de las hormonas.

Las sustancias de crecimiento en las plantas desempeñan un papel muy importante en el crecimiento y desarrollo de los vegetales. Aunque las sustancias naturales de

crecimiento (endógenos) controlan normalmente el desarrollo de las plantas, pueden modificarse el crecimiento mediante la aplicación de sustancias exógenos (Weaver, 1996)

Las hormonas ocurren naturalmente en todo tipo de vegetales y cumplen una importante función en su crecimiento, entre ellas la producción y desarrollo de nuevas raíces. Algunas plantas son más eficientes que otras pero la mayoría sufren de una insuficiencia de hormonas naturales para promover un rápido enrizamiento de estacas, lo que en un alto porcentaje lleva a la pudrición. Por lo tanto se utiliza los reguladores de crecimiento (Yates, 1999)

2.5.7 Acción de las hormonas

La acción de los fitorreguladores no se limita a un efecto sobre el crecimiento sino también sobre la diferenciación, consiguiendo a veces estimular la formación de nuevos tejidos y órganos (Alpi y Tognoni, 1991)

Los cambios que sufre la planta al pasar el tiempo esta determinado por factores internos heredados como por factores ambientales. Existe un factor interno dependiente de la constitución genética de la planta que la provee de un mecanismo de respuesta autorregulable. Dicho mecanismo de las hormonas, es el estímulo que se percibe a través de una molécula llamada receptor o sensor, el cual se activa de alguna manera y actúa sobre una molécula llamada precursor (Rojas y Ramírez, 1993)

Los mismos autores sostienen que la mayor parte de la actividad fisiológica de las plantas esta regulada por las hormonas de crecimiento, como los procesos de iniciación de raíces, establecimiento y terminación de los periodos de letargo y reposo, la floración, formación y desarrollo de frutos, abscisión, senescencia y ritmo de crecimiento se encuentra bajo control hormonal.

2.5.8 Clasificación de los reguladores de crecimiento

Actualmente se reconocen varias clases de reguladores del crecimiento como las auxinas, citokininas, giberelinas, ácido abscísico y etileno, que influyen en la iniciación de raíces. De ellos las auxinas son las que ejercen mayor efecto en la formación de raíces en las estacas (Hartmann, 1992 y Medina, 1990)

Las fitohormonas se dividen en cinco grupos auxinas, giberelinas, citokininas, ácido abscísico y etileno, que afectan la fragmentación, alargamiento y diferenciación celular. Cada hormona tiene varios efectos, según el sitio de acción, estado de desarrollo de la planta y concentración de esta con respecto a otras hormonas. Basta una pequeña cantidad de la misma para producir efectos a la planta ya que puede alterar la expresión de los genes, la actividad de las enzimas o modificar las propiedades de la membrana celular (Alpi, Tognoni, 1991 y Terranova, 1995)

2.5.8.1 Auxinas

Las auxinas inician un mecanismo de acidificación (liberación de protones), en la membrana citoplasmática, con la disminución de pH se activan enzimas, estos hidrolizan los componentes de la pared celular y se suelta la pared, el potencial (debido a presión) disminuye, entra el agua, el volumen celular aumenta, la célula crece, aun no esta claro como se inicia la bomba de protones, también hay un efecto de la auxina sobre el metabolismo de ácidos nucleicos y protones (Hartmann y Kester, 1998)

Las auxinas favorecen la diferenciación de los tejidos vegetales en brotes y raíces, según el grado de concentración, las dosis pequeñas favorecen la emisión de brotes, dosis mayores provocan la formación de raíces. En dosis más elevadas, el efecto es la inhibición de la actividad favorecida en un principio (Van den Heede y Lecourt, 1981)

2.5.8.1.1 Auxinas naturales

Los compuestos que tienen actividad auxínica son orgánicos, todos poseen hidrógeno y oxígeno en proporciones y disposiciones diferentes, algunos de ellos contienen, además, nitrógeno y cloro, otros tienen estructuras simples, pero la mayoría son complejos. El IAA (ácido indolacético), es una de las principales auxinas que aparecen en las plantas superiores. El nivel de IAA en tejidos de plantas varía según la etapa de desarrollo vegetal (Weaver, 1996)

2.5.8.1.2 Auxinas sintéticas

Las auxinas fabricadas por las plantas intervienen en la formación de las estaquillas, se han obtenido por síntesis compuestos capaces de estimular o de acelerar esta formación: Estos son ácidos orgánicos, tales como el ácido indolacético, el ácido indolbutírico, el ácido naftalenacético, llamadas sustancias de crecimiento (Cuisance, 1988)

2.5.8.1.3 Utilización de los fitoreguladores de crecimiento para estimular el enraizamiento

El ácido indolacético suele estimular la formación de raíces en las estacas, sin embargo el ácido indolbutírico (IBA) y el ácido naftalenacético (NAA) son más efectivos para este propósito, que el ácido indolacético de ocurrencia natural. Para uso general en el enraizamiento de estacas de tallo en la mayoría de las especies se recomienda el ácido indolbutírico o a veces el ácido naftalenacético, para determinar el mejor material y la concentración óptima para el enraizado de una especie en particular y en un grupo de condiciones dadas, es necesario hacer pruebas empíricas (Hartmann, 1992, Rojas y Ramírez, 1993)

2.5.8.1.4 Ácido naftalenacético

El NAA es utilizada con frecuencia en la promoción de raíces, sin embargo, este compuesto es mas tóxico que el IBA y deben evitarse las concentraciones excesivas de NAA por el peligro de provocar daños a las plantas (Weaver, 1996)

El ácido naftalenacético es una fuente probada de hormonas sintéticas adicionales que promueven la formación de raíces para estaquillas. Es relativamente estable, y es una buena alternativa a IBA (Yates, 1999)

2.5.8.1.5 Ácido indolbutírico

El ácido indolbutírico, es la auxina sintética, que se aplica a la base de la estaca para producir la formación de raíces (Salinger, 1991)

El mismo autor señala que el ácido indolbutírico (IBA) probablemente es el mejor material para uso general, debido a que no es tóxico en una amplia gama de concentraciones y es eficaz para estimular el enraizamiento de un gran número de plantas.

2.6 Medios de enraizamiento natural

Los medios de enraizamiento pueden ser muy variados. Estos deben proporcionar una buena aireación, una alta capacidad de retención de agua y buen drenaje, además de mantener a la estaca, durante el periodo de enraizamiento, libre de bacterias y hongos perjudiciales (Hartmann y Kester, 1998).

2.6.1 Mantillo o tierra vegetal

Son sustancias naturales orgánicas variadas de color pardo y negrusco, que resultan de la descomposición de materias orgánicas de origen exclusivamente vegetal (Estiércoles, hojas, restos de cosechas, etc.), bajo la acción de los microorganismos. En el curso de su evolución esta materia orgánica libera productos transitorios que tienen

un valor particular para la estabilidad de la estructura y para la actividad biológica de los suelos (Hartmann y Kester, 1998)

2.6.2 Arena

La arena esta formado por pequeños granos de piedra, de alrededor de 0,05 a 2 mm de diámetro, dependiendo en composición mineral de la que tenga la roca madre. En propagación, generalmente, se emplea arena de cuarzo. De preferencia se debe fumigar o tratar con calor antes de usarla para esterilizarla. Virtualmente no contiene nutrientes minerales y no tiene capacidad amortiguadora (Buffer) o capacidad de intercambio catiónico. Casi siempre se usa en combinación con algún material orgánico (Hartmann, 1992)

2.6.3 Abono

El abono es una sustancia de origen vegetal que se agrega a la mezcla para complementar los elementos nutritivos necesarios para un buen desarrollo de la planta (Chávez y Egoavil, 1991)

2.6.4 Turba

Formada en terrenos pantanosos donde se acumularon materias vegetales que fueron descomponiéndose en ausencia de aire, por sus características es una aportación orgánica especial. Se diferencia del humus en que esta materia se ha formado por descomposición en presencia de aire y la turba en ausencia de aire. La falta de oxígeno en el pantano hace más lenta la descomposición bacteriana y química del material vegetal. La composición de los diversos depósitos de turba varia mucho, dependiendo de la vegetación de que se originaron, su estado de descomposición, contenido de minerales y estado de acidez (Hartmann, 1992)

2.7 Desinfección de sustratos

La desinfección del sustrato o de la mezcla para preparar una cama de enraizamiento es uno de los pasos más importantes en la obtención de una mayor cantidad de plantas

y de mejor calidad. La sanidad como factor preponderante, además de los otros factores como son agua, calor, luz y suelo, empieza con la exhaustiva desinfección del suelo donde se va a colocar las plantas a propagar (Alpi y Tognoni, 1991)

Los mismos autores menciona que ciertos componentes de las mezclas de propagación en particular las hojas, el suelo, arena y el musgo turboso pueden contener organismos patógenos dañinos, se les debe pasteurizar, de preferencia con vapor aireado o con sustancias químicas. Los recipientes (depósitos, cajas, macetas) para esas mezclas pasteurizadas desde luego que deben haber sido tratadas para eliminar de ellos los organismos patógenos.

El calor húmedo es ventajoso. Se puede inyectar directamente al suelo de depósitos cubiertos en banco con tubos perforados colocados de 15 a 20 cm debajo de la superficie, Al calentar el suelo, que debe estar húmedo pero no mojado, la recomendación estándar es usar una temperatura de 82°C durante 30 min. ya que este procedimiento mata a la mayoría de las bacterias y hongos dañinos así como a nematodos, insectos y a la mayoría de las semillas de malezas (Hartmann y Kester, 1998)

La fumigación química mata organismos en las mezclas de propagación sin alterar sus características físicas y químicas al grado que ocurre con los tratamientos con calor. Sin embargo, después de la fumigación química puede aumentar la producción de amoníaco debido a la remoción de organismos antagónicos de las bacterias amonificadoras. Para obtener resultados satisfactorios, las mezclas deben estar húmedas (entre el 40 y 80% de su capacidad de campo) y a la temperatura de 18 a 24°C, después de la fumigación química, hay que dejar transcurrir de dos días a dos semanas dependiendo del material, para que se disipen los gases (Alpi y Tognoni, 1991)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

3.1.1 Ubicación geográfica

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental de Sapecho dependiente del Servicio Departamental Agrícola (SEDAG) en convenio con la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicado en el municipio de Palos Blancos (Alto Beni), cuarta sección de la provincia Sud Yungas del Departamento de La Paz, se encuentra al Noreste de la ciudad de la Paz aproximadamente a 289 Km (CUMAT/COTESU, 1987)

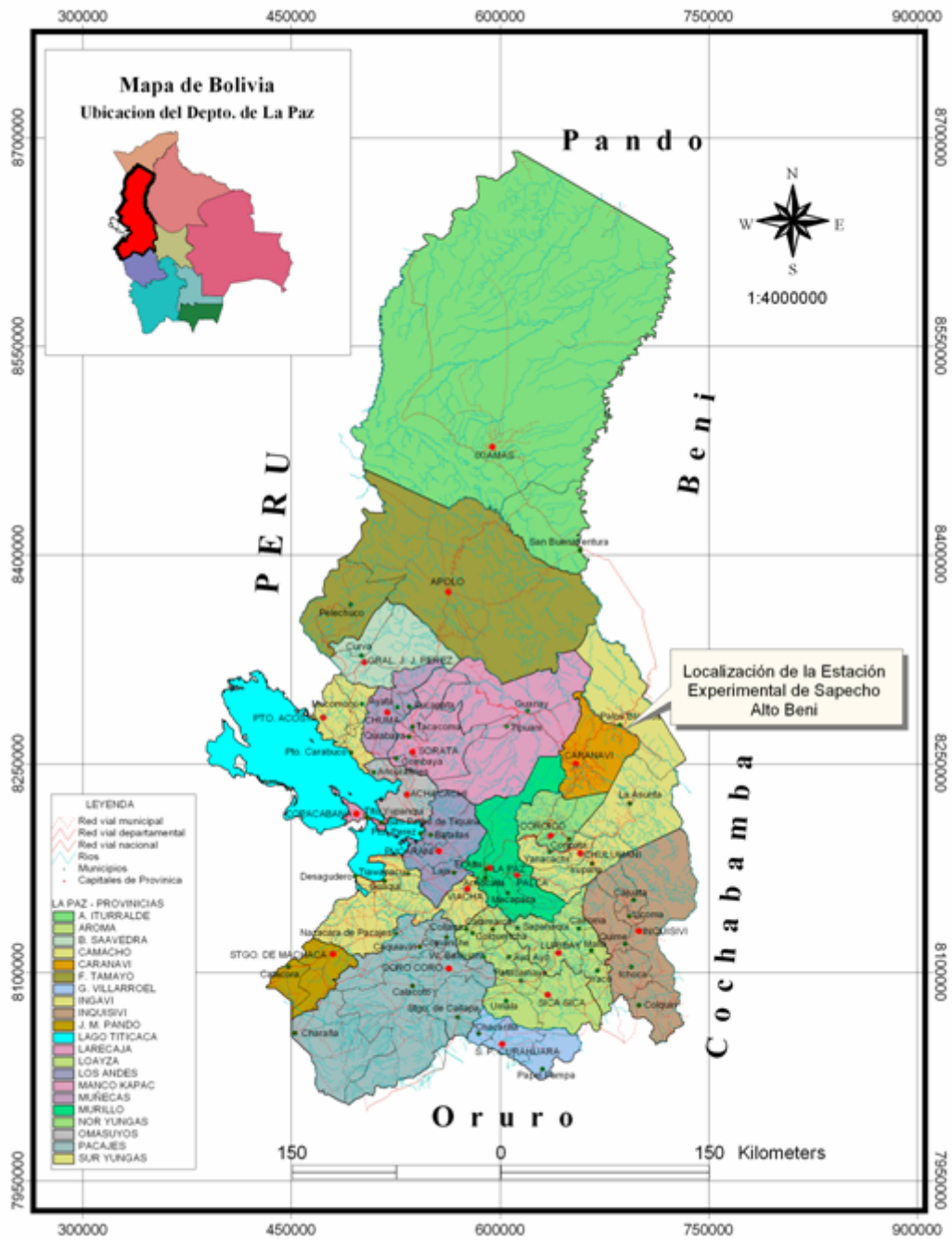
Geográficamente esta ubicada a 15°31' de latitud sur y 67°26' de longitud oeste, a una altura de 450 m.s.n.m. con una precipitación anual promedio de 1500 mm Con una temperatura anual promedio de 25,5°C, y una humedad relativa del 80%, la zona presenta bosques húmedos. Los movimientos del viento no superan los dos o tres grados de la escala de Beaufort (SEM/INTERINSTITUCIONAL, 1995)

3.1.2 Descripción agroecológica de la zona de Alto Beni

El Alto Beni puede ser considerado como un mosaico o conjunto de ecosistemas más pequeños, así como parte de un ecosistema más extenso, en relación con otros ecosistemas contiguos (CUMAT/COTESU, 1987)

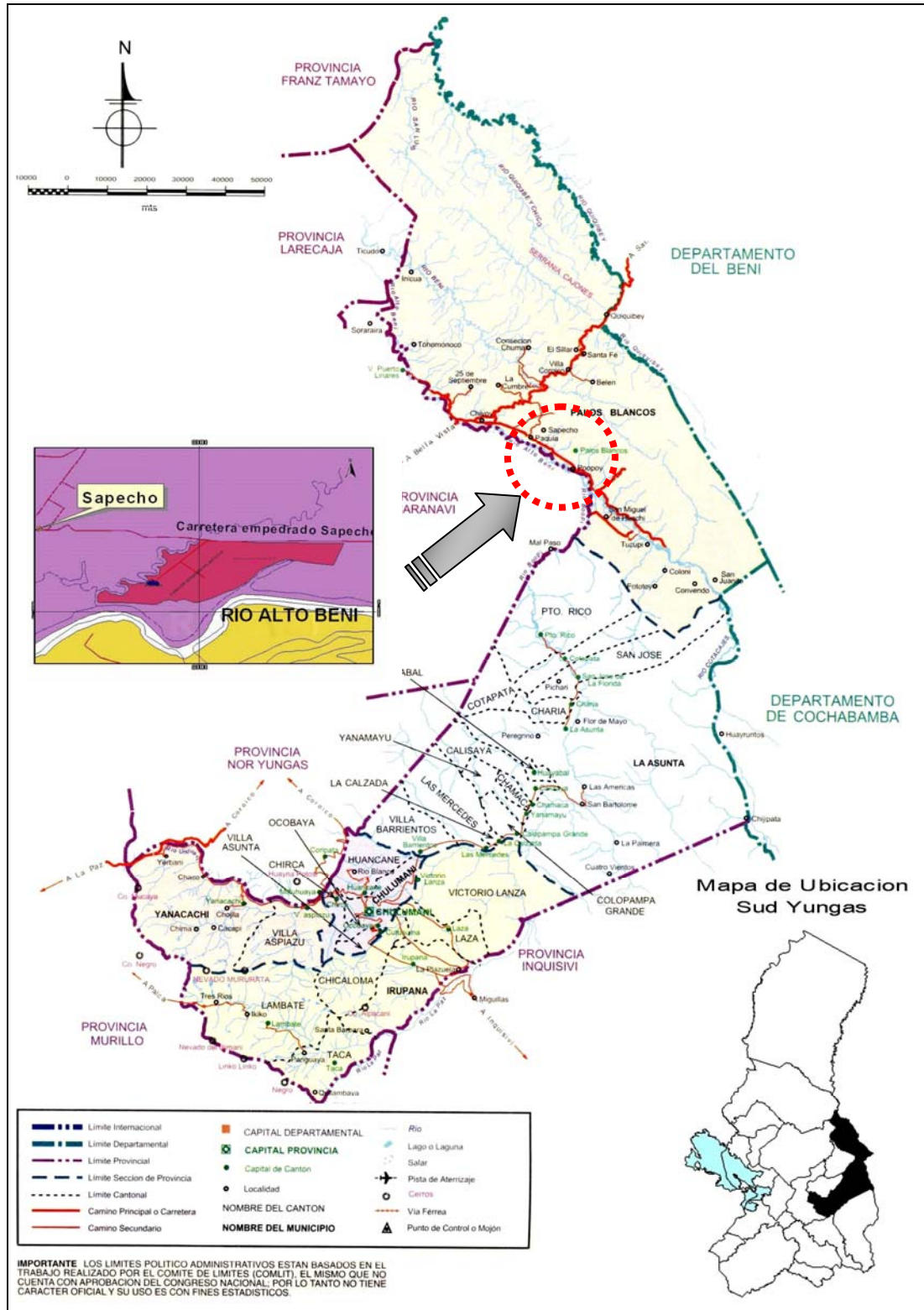
Las Especies Arbóreas que predominan en la zona son:

Nombre Común	Nombre Técnico
Ceibo	<i>Erythrina sp.</i>
Pacay	<i>Inga sp.</i>
Flor de Mayo	<i>Ceiba spp.</i>
Chima	<i>Bactris gasipaes</i>
Motacú	<i>Scheelea princeps</i>



Fuente: IGM (2004)

Figura 1. Localización de Sapecho, Provincia Sud Yungas, departamento de La Paz



Fuente: M.D.S.P., COSUDE, y INE (1999)

Figura 2. Provincia Sud Yungas y Localización de la Estación Experimental de Sapecho

Entre las especies frutales predominantes de la zona son:

Naranja	<i>Citris sp</i>
Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>
Piña	<i>Ananas comosus</i>
Papaya	<i>Carica Papaya</i>
Carambola	<i>Averrhoa carambola</i>

Según Unzueta (1985) el agroecosistema de la zona de Sapecho, de acuerdo al sistema de clasificación ecológica de Holdridge como sigue:

Región	Sub – tropical
Zona de vida	Bosque húmedo subtropical
Símbolo	Bh-ST

Con condiciones climáticas:

Precipitación media anual	1584 mm
Temperatura media anual	24,9 °C
Humedad relativa promedio	80%

3.1.2.1 Los suelos de la zona del Alto Beni

La mayoría de los suelos de la zona están libres de carbonatos, es decir no hay incidencia de concreciones calcáreas en la arenisca terciaria, que es el material parental predominante. Respecto a la fertilidad se agruparon en dos. Al primer grupo pertenecen los *Acrisoles háplicos* y los *Cambisoles dístricos* que son poco fértiles. Son suelos franco arenosos, muy ácidos pobres en nutrientes, con baja CIC y baja saturación de bases. El segundo grupo está formado por *Cambisoles crómicos* y *Lixisoles háplicos* de buena fertilidad. Se trata de suelos con textura más fina (franca, franco-arcillosa), moderadamente ácidos, con mayor CIC y saturación de bases (López, 2001)

El mismo autor menciona que probablemente el inicio de la formación de los suelos del Alto Beni empezó en el Pleistoceno inferior. Todavía no se ha llevado a cabo en gran escala la *laterización* de los suelos, es decir el empobrecimiento en sílice y la acumulación de productos estables como el hierro, óxidos de aluminio y caolinita. De acuerdo con Elbers citado por López (2001), indica que los valores de profundidad, incluso en las laderas accidentadas llegaron a un metro ó más. Según los resultados del mapeo realizado por él, los *Cambisoles crómicos* serían la unidad de suelo dominante en la región del Alto Beni, los Lixisoles y Acrisoles los suelos asociados. Los Litosoles y Regosoles no son importantes en las agrupaciones de suelos de la región.

3.2 Materiales

3.2.1 Material de laboratorio

Los materiales de laboratorio utilizados fueron Balanza de precisión, Vaso de precipitado de 600 ml, agua destilada, formol al 40 %, fungicidas sistémico (solución de Benomilo al 0,5%)

3.2.2 Material de campo

Los materiales usados fueron: 1 libreta de campo, 1 plano de la zona, 48 tarjetas de identificación, 2 tijeras podadoras (mano y altura), Wincha (60m), 1 machete, 1 cámara fotográfica, una regla (30 cm), 4 rollos de película, material vegetal (estacas de Achiote de 30 cm), bolsas negras de polietileno de 15x25 cm, postes de 2 m alambre de amarre, polietileno, navaja, Flexómetro, sustrato (tierra del lugar, turba, abono, arena), hoja de registro. 50 charos, hojas de Motacú, enraizadores (Roothor, Rootone, Biozyme TF*), marbetes, 2 carretillas, 2 regaderas, 2 rastrillos, 1 zaranda, 2 azadones, Nonios o Vernier, 10 tubos berman de 2 m de largo.

3.2.3 Material de gabinete

Los materiales de gabinete empleados en la investigación fueron: 1 maquina calculadora Casio fx-6300G, 2000 hojas bond, lápices, 1 borrador, 5 bolígrafos, 1 computador, 10 Diskettes.

3.3 Metodología

Se realizó un estudio descriptivo siguiendo los pasos de la cadena lógica de la investigación.

3.3.1 Procedimiento experimental

3.3.1.1 Establecimiento del vivero

El ensayo se realizó en la estación Experimental de Sapecho con las siguientes características, se contó con 2 platabandas de 1,20 m de ancho, 3 m de largo, 0,18 m de alto y cubiertas con carpa de plástico (cámara de enraizamiento) de 200 micrones en forma de túnel con una altura de 1,10 m, con el fin de retener humedad durante el mayor tiempo posible para que las raíces se desarrollen, encima de esta una cubierta de malla Saran, de 60% de semisombra, a una altura de 2,5 m.

3.3.1.2 Preparación del material vegetal

El ensayo se realizó con estacas de ramas tomadas de la colección de germoplasma de Achiote de la estación Experimental de Sapecho, para ello se cortaron estacones de 30 cm de largo de la parte apical, intermedia y basal de las ramas, estas se transportaron envueltas en papel periódico humedecido para evitar su deshidratación. Una vez en el vivero, se preparó el material vegetal desinfectando esta con una solución de benomilo (benzamidozol fungicida sistémico) al 0,5% durante 10 minutos luego se sumergieron en las soluciones preparadas de enraizadores por 40 segundos. Por ultimo las estacas se enterraron con dos yemas en el sustrato de las bolsas de polietileno debidamente desinfectadas que contenían el sustrato utilizado (arena, tierra del lugar, turba, abono), distribuidas aleatoriamente según el diseño.

3.3.1.3 Preparación de soluciones

Se disolvió 2,5 ml de Roothor en 100 cc de agua destilada, 5 gr de Rootone en 100 cc de agua destilada y 22,5 cc de Biozyme*TF en 100cc de agua destilada.

3.3.1.4 Preparación del sustrato

El sustrato fue tamizado con el propósito de eliminar los terrones de mayor tamaño en una zaranda de 1/8 pulgada, para luego mezclar según la siguiente proporción (3 partes de tierra de lugar, 3 partes de Turba, 2 partes de abono y 1 parte de arena), posteriormente se procedió a embolsar en macetas de polietileno negro de 15x25 cm con perforaciones, luego se acomodaron las macetas en las platabandas de acuerdo al diseño y por ultimo se realizó la desinfección del sustrato aplicando 15 l de agua con formol (30 cc por cada 15 l) por cada dos metros cuadradas con una regadera de ducha fina 24 horas antes de la siembra protegiendo luego con plástico.

3.3.1.5 Toma de datos

Las evaluaciones se realizaron a los 35 días después del plantado

3.3.2 Diseño experimental

El diseño experimental planteado fue el de Bloques Completos al Azar con Arreglo Factorial (3x4x4), con un factor A (Tipo de estaca) con tres niveles y un factor B (Fitohormonas) con cuatro niveles, con cuatro repeticiones (Bloques)

3.3.2.1 Modelo lineal

El modelo lineal para el diseño de Bloques al Azar con arreglo factorial según Calzada (1982), es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \lambda_j + \alpha\lambda_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Una observación

μ = Media general del ensayo

β_k = Efecto del k-ésimo bloque

α_i = Efecto del i-ésimo tipo de estaca

λ_j = Efecto del j-ésimo tipo de hormona

$\alpha\lambda_{ij}$ = Efecto del i-ésimo tipo de estaca con el j-ésimo tipo de hormona
(interacción AxB)

ε_{ijk} = Efecto del error del i-ésimo tipo de estaca, j-ésimo tipo de hormona
y k-ésimo bloque

3.3.2.2 Factores de estudio

Factor A (Tipos de estaca):

a_1 = Apicales

a_2 = Intermedio

a_3 = Basales

Factor B (Fitohormonas):

b_1 = Roothor (ANA 0.40%, AIB 0.10%)

b_2 = Rootone (ANA 0.20%, AIB 4.04%)

b_3 = Biozyme*TF (ANA 4.20%, Ácido giberélico 4.20%)

b_4 = Testigo (Sin aplicación de enraizadores)

3.3.2.3 Formulación de tratamiento

Los tratamientos fueron establecidos (Cuadro 1) de la siguiente manera: tres tipos de estaca (apical, intermedio y basal), tratadas con tres enraizadores comerciales (Roothor, Rootone y Biozyme*TF y un testigo), combinados en doce arreglos y cuatro repeticiones (bloques) con un total de 48 unidades experimentales.

Cuadro 1. Formulación de tratamientos

Tratamiento	Factor A (Tipo de Estaca)	Factor B (Fitohormonas)
T ₁	a ₁ = Apicales	b ₁ = Roothor (ANA 0,40%, AIB 0,10%)
T ₂	a ₁ = Apicales	b ₂ = Rootone (ANA 0,20%, AIB 4,04%)
T ₃	a ₁ = Apicales	b ₃ = Biozyme*TF (ANA 4,20%, Acido giberélico 4,20%)
T ₄	a ₁ = Apicales	b ₄ = Testigo (Sin aplicación de enraizadores)
T ₅	a ₂ = Intermedio	b ₁ = Roothor (ANA 0,40%, AIB 0,10%)
T ₆	a ₂ = Intermedio	b ₂ = Rootone (ANA 0,20%, AIB 4,04%)
T ₇	a ₂ = Intermedio	b ₃ = Biozyme*TF (ANA 4,20%, Acido giberélico 4,20%)
T ₈	a ₂ = Intermedio	b ₄ = Testigo (Sin aplicación de enraizadores)
T ₉	a ₃ = Basales	b ₁ = Roothor (ANA 0,40%, AIB 0,10%)
T ₁₀	a ₃ = Basales	b ₂ = Rootone (ANA 0,20%, AIB 4,04%)
T ₁₁	a ₃ = Basales	b ₃ = Biozyme*TF (ANA 4,20%, Acido giberélico 4,20%)
T ₁₂	a ₃ = Basales	b ₄ = Testigo (Sin aplicación de enraizadores)

3.3.3 Análisis estadístico

3.3.3.1 Análisis de varianza

Se realizó el análisis de varianza para un diseño de Bloques Azar con Arreglo Factorial.

3.3.3.2 Prueba de Medias de Duncan

Se realizó la prueba de medias de Duncan a un Nivel de significancia del 5%, para la determinación de la diferencia entre medias de los diferentes factores en estudio.

3.3.3.3 Prueba de eficiencia del diseño

En caso de que se nos presentara la no significancia de los bloques, se realizó la prueba de eficiencia del Diseños Bloques al Azar contrastando con el Diseño Completamente al Azar, y determinar de esta forma la eficiencia o no del empleo del diseño seleccionado, para lo cual Rodríguez (1991) recomienda utilizar la siguiente expresión:

$$\text{Eficiencia relativa DBA - DCA} = \frac{(r-1)CMB + r(t-1)CME}{(rt-1)CME}$$

Donde:

r = Número de repeticiones

t = Tratamientos

CMB = Cuadrado Medio del Bloque

CME = Cuadrado Medio del Error

DBA = Diseño de Bloques al Azar

DCA = Diseño Completamente al Azar

La regla de decisión es la siguiente:

Si DBA - DCA > 1 es más eficiente DBA

Si DBA - DCA < 1 es más eficiente DCA

3.3.3.4 Croquis del experimento

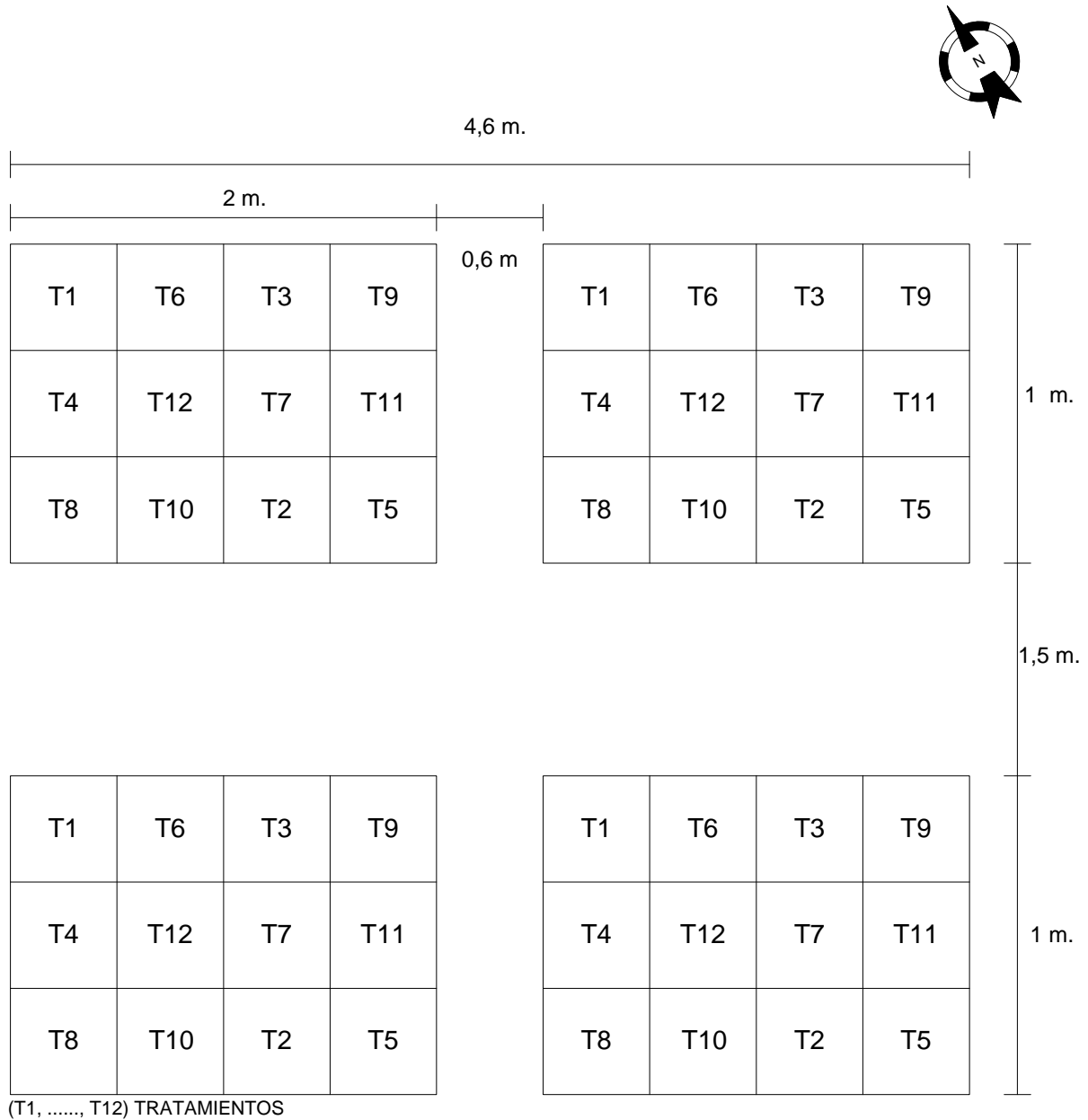


Figura 3. Croquis del experimento

El campo experimental presenta las siguientes características:

- Unidades experimentales 48
- Distancia de estacas entre filas 0,15 m
- Distancia de estacas entre hileras 0,15 m
- Área de la parcela experimental 16,20 m²

3.4 Labores culturales

3.4.1 Riego

El riego fue aplicado a capacidad de campo, con frecuencia mediante aspersiones con regadera manual, tomando en cuenta las condiciones de precipitación de la zona de trabajo.

3.4.2 Control de malezas.

Para evitar la competencia por humedad y nutrientes para el mejor control de malezas, se realizó el deshierbe en forma manual según la presencia de malas hierbas.

4.4.3 Periodo de aclimatación

Cuando las estacas enraizaron lo que ocurrió a los 35 días, para sacarlos de las cámaras de enraizamiento, se los aclimato progresivamente para exponerlas a las nuevas condiciones climáticas, esta aclimatación duro una semana, despejando progresivamente la cobertura de polietileno que cubría los propagadores (cámaras de enraizamiento). Empezando este proceso en 2 horas hasta completar las doce horas por día, posteriormente se dejo completamente expuestas a las condiciones del medio natural.

3.5 Variables de respuesta

Para el presente estudio se realizaron las observaciones, mediciones y evaluaciones para las siguientes variables de respuesta.

3.5.1 Porcentaje de prendimiento de estaca

Se consideraron estacas vivas por tratamiento hasta que no existió variación entre mediciones, teniendo un porcentaje de prendimiento definitivo.

3.5.2 Longitud de raíces

Se realizó a los 150 días después de plantado, se utilizó una regla graduada donde se midió la longitud de la raíz principal, se extrajo 4 muestras por tratamiento cuidando de no dañar las raíces y raicillas.

3.5.3 Número de raíces

En las mismas muestras que se obtuvieron para evaluar la longitud de raíz se determinó el número promedio de raíces, contabilizando el número de raíces principales.

3.5.4 Días a la brotación

Se tomaron en cuenta los días transcurridos desde el plantado de estacas hasta que el 50% o más de estacas prendidas emitieron sus primeros brotes.

3.5.5 Altura de brotes

Se evaluaron realizando mediciones periódicas mensuales desde la emisión de brotes, esta medición se realizó desde el cuello de la planta hasta la yema apical.

3.5.6 Volumen radicular

Se utilizaron las muestras obtenidas para evaluar la longitud radicular, esta medición se realizó eliminando la raíz del tallo desde el cuello de la planta las cuales fueron introducidas en un vaso de precipitado graduado con un cierto nivel de agua, y el volumen de agua desplazado se tomo como volumen radicular.

3.5.7 Velocidad de crecimiento

Se evaluó en función del tiempo y la altura de brotes, a través del método de regresión.

3.6 Análisis Económico

El análisis económico del ensayo se realizó empleando la relación Beneficio/Costo, con el propósito de identificar los tratamientos que puedan otorgar beneficios por cada unidad monetaria invertido (Paredes, 1994)

Tomando en cuenta para su aplicación los siguientes parámetros de medición:

- Si la relación B/C es mayor que la unidad, es aceptable, por que los beneficios son superiores a los costos.
- Si la relación B/C es menor que la unidad, no es beneficioso.
- Si la relación B/C es igual a la unidad, es indiferente, por que no hay beneficios ni perdidas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Datos meteorológicos registrados en el periodo de estudio

Los datos meteorológicos, registrados en la Estación Experimental de Sapecho durante el presente estudio se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Datos meteorológicos promedios de la Estación Experimental de Sapecho de diciembre a mayo (2004-2005)

Estación	: Sapecho	Latitud	: 15°31' Sur
Provincia	: Sud Yungas	Longitud	: 67°26' Oeste
Departamento	: La Paz	Altura	: 450 m.s.n.m.

Meses	Temperatura °C			Humedad % H.R.	Precipitación mm. pp
	Máxima	Mínima	Media		
Diciembre	34,7	21,3	28,0	74,0	112,00
Enero	34,8	21,5	28,15	76,0	146,10
Febrero	33,1	21,2	27,15	82,7	164,04
Marzo	34,1	21,5	27,8	77,6	137,40
Abril	31,8	20,9	26,35	84,3	133,60
Mayo	32,3	19,6	25,95	83,3	27,90

Fuente: SENAMHI (2006)

4.1.1 Temperatura

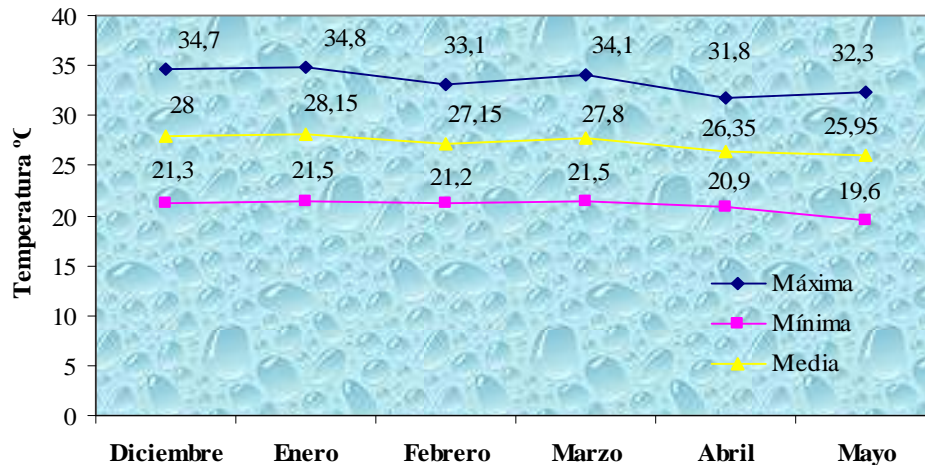


Figura 4. Diagrama de temperatura promedio máxima, mínima y media de la zona de estudio

Las temperaturas máximas (Figura 4) se registraron en los meses de diciembre y enero en que se realizó el presente trabajo, con 34,7 y 34,8°C respectivamente, la mínima fue registrada en el mes de mayo con 19,6°C, siendo los meses más calurosos diciembre, enero, marzo y el más frío mayo, Las condiciones fueron óptimas para el enraizamiento de las estacas.

4.1.2 Humedad relativa

La humedad relativa durante el periodo de evaluación del presente trabajo de investigación (Figura 5) presento valores más altos en los meses de febrero, abril y mayo con 82,7%, 84,3, 83,3% respectivamente y valores bajos en el mes de diciembre, enero y marzo con 74,0, 76,0 y 77,6 %.

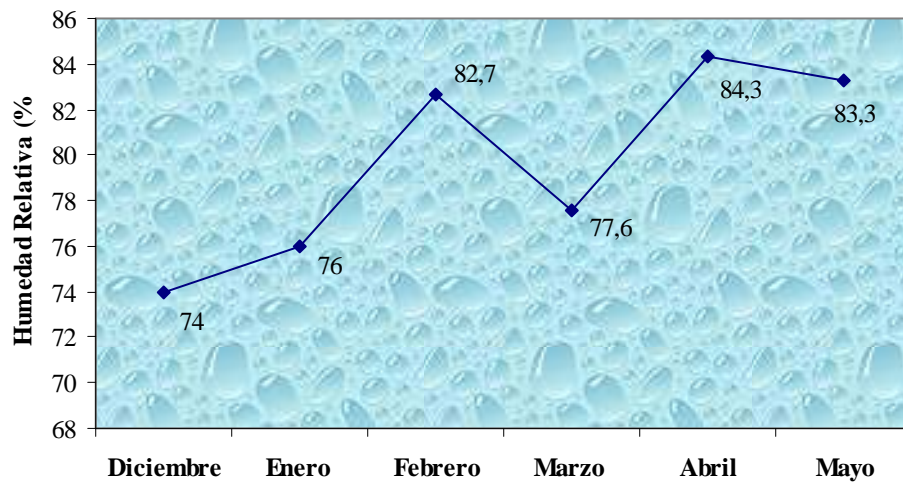


Figura 5. Diagrama de la humedad relativa de la zona de estudio

4.1.3 Precipitación

Las precipitaciones máximas se registraron (Figura 6), en los meses de enero y febrero con 146,10 y 164,04 mm, y la mínima en el mes de mayo con 27,9 mm respectivamente. La precipitación total registrada durante el período de evaluación fue de 721,04 mm.

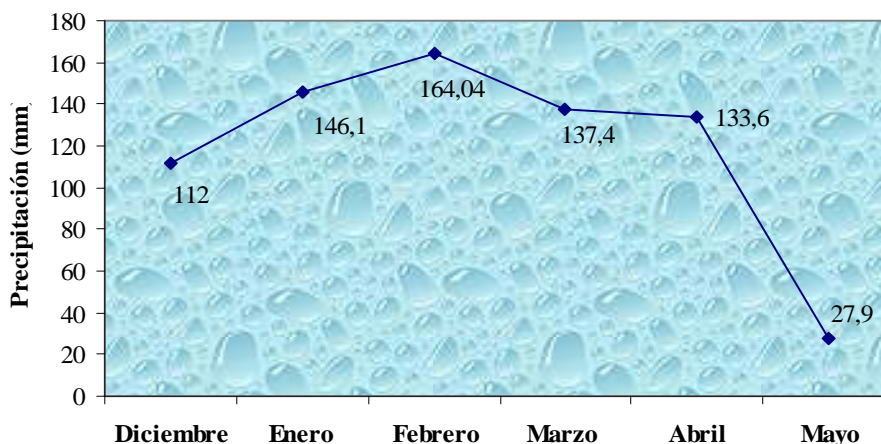


Figura 6. Diagrama de la precipitación promedio de la zona de estudio

4.2 Porcentaje de prendimiento de estaca

El coeficiente de variación para esta variable evaluada es de 3,05% el mismo que se encuentra dentro el rango de aceptación, lo que nos muestra que los datos son confiables.

Cuadro 3. Análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento a los 60 días

FV	GL	SC	CM	¹ Fcal.	² Ftab.
Bloque	3	54,546	18,18200	5,46*	2,89
Tipo de Estaca	2	9584,280	4792,14000	1438,88*	3,29
Fitohormona	3	4086,550	1352,18333	409,01**	2,89
Tipo de Estaca x Fitohormona	6	135,791	22,63183	6,79*	2,39
Error	3	109,905	3,33045		
Total	47				

CV = 3,05
Eficiencia relativa DBA – DCA = 1,285

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. ¹Fcal = F calculado, ²Ftab = F tabulado

Según el Análisis de Varianza para el porcentaje de prendimiento (Cuadro 3), se encontraron diferencias significativas entre bloques, consecuentemente se realizó el cálculo de eficiencia del diseño (Anexo 1), utilizando la expresión mencionada por Rodríguez del Ángel (1991) para medir la eficiencia, demostrándose que el Diseño de Bloques al Azar es más eficiente que el Diseño Completamente al Azar (Eficiencia del DBA-DCA es de 1,285 mayor a 1)

Se presentaron también diferencias significativas entre enraizadores, tipo de estaca y la interacción enraizador tipo de estaca por lo que se realizó la prueba de comparación de medias de Rango Múltiple de Duncan.

4.2.1 Tipo de estaca.

La prueba de Duncan (Figura 7) muestra diferencias significativas entre los tres tipos de estaca sobre el porcentaje de prendimiento, a los 60 días de evaluación, por lo tanto el mayor porcentaje de prendimiento se obtuvo en estacas intermedias con un 72,5 %, mientras que en estacas basales corresponden a un 66,8 %, en relación a las estacas apicales que presentaron menor porcentaje de prendimiento con 40,1 %.

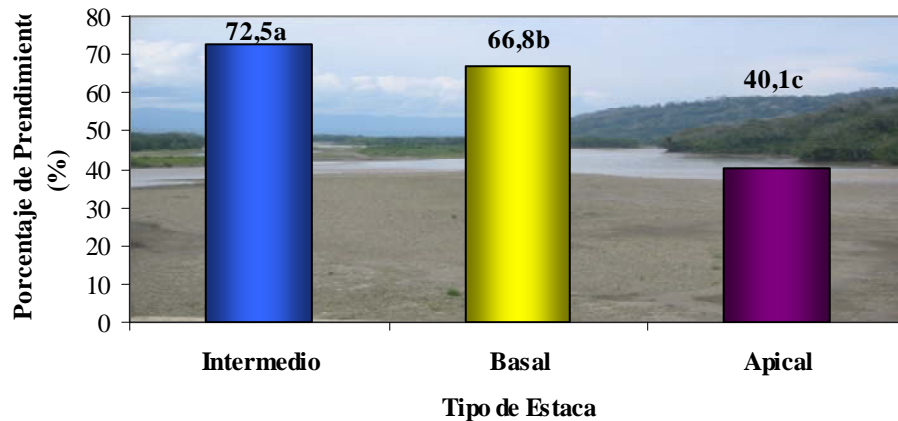


Figura 7. Comparación de medias de Duncan para el tipo de estaca sobre el porcentaje de prendimiento

4.2.2 Fitohormonas

La prueba de Duncan (Figura 8) muestra diferencias estadísticas entre los diferentes enraizadores y el testigo. Para el factor fitohormona, se encontró que los mejores resultados en cuanto al porcentaje de prendimiento de la *Bixa orellana L.* fueron con la aplicación de Rootone (71,3 %) y Roothor (64,7%) frente al Biozyme TF* (54,2%). En el tratamiento sin fitohormona (testigo) fue menor el porcentaje de prendimiento (47,9 %)

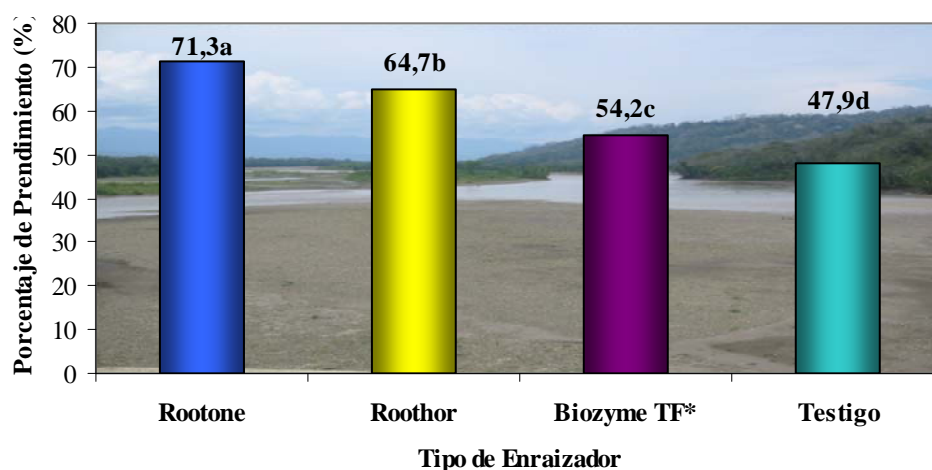


Figura 8. Comparación de medias de Duncan de las fitohormonas sobre el porcentaje de prendimiento

En general el mayor porcentaje de prendimiento posiblemente se deba a la presencia de auxinas elevadas y en equilibrio endógeno entre las fitohormonas.

Al respecto Hartmann (1992) menciona que el objeto de tratar estacas con reguladores de crecimiento es aumentar el porcentaje de prendimiento de estacas que forman raíces y aceleren la iniciación de ellos.

De igual manera Weaver (1996) indica que el objetivo de tratar las estacas con fitohormonas es incrementar el prendimiento de estacas que crezcan vigorosamente en el vivero, siendo favorables sus efectos y estimulando la iniciación de las raíces, incrementando el porcentaje de estacas que forman raíces y aceleran el tiempo de enraizamiento.

4.2.3 Interacción tipo de estaca x fitohormona

En el análisis de interacción (Figura 9) se observó que el Rootone, Roothor en las estacas intermedias y estacas basales incrementan un mayor porcentaje de prendimiento frente al Biozyme TF*. En cambio el testigo presento menor porcentaje de prendimiento en los tres tipos de estaca (basal, apical, intermedio)

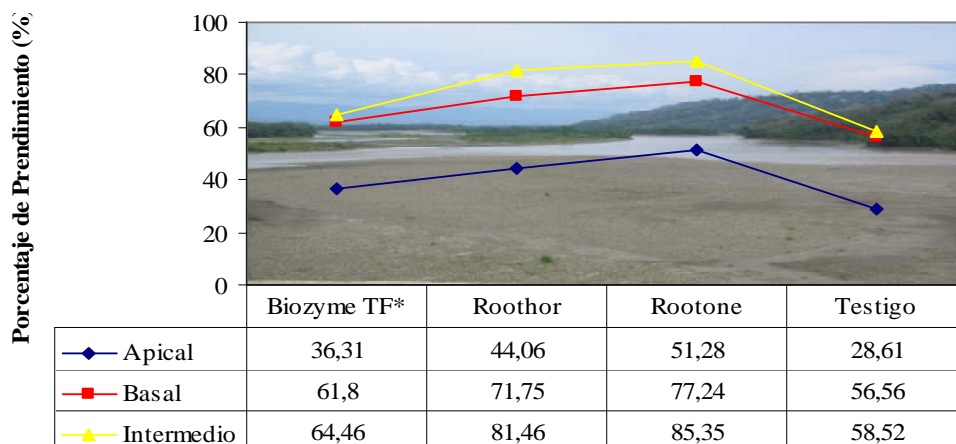


Figura 9. Efecto de la interacción del tipo de estaca y fitohormona sobre el porcentaje de prendimiento

4.3 Longitud de raíz

El coeficiente de variación para este indicador evaluado es de 3,27% de donde podemos admitir que los datos son confiables.

Cuadro 4. Análisis de varianza para la longitud de raíces a los 150 días

FV	GL	SC	CM	¹ Fcal.	² Ftab.
Bloque	3	3,1594	1,05313	5,94*	2,89
Tipo de Estaca	2	205,7500	102,87500	580,52**	3,29
Fitohormona	3	125,2830	41,76100	235,66**	2,89
Tipo de Estaca x Fitohormona	6	8,2190	1,36983	7,73*	2,39
Error	3	5,8480	0,17721		
Total	47	348,2650			

CV = 3,27
Eficiencia relativa DBA – DCA = 1,315

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. ¹Fcal = F calculado, ²Ftab = F tabulado

Según el análisis de varianza (Cuadro 4) se observó que a los 150 días después de la plantación, se encontraron efectos significativas entre bloques para lo cual se realizó la prueba de eficiencia (Anexo 2), demostrándose que el Diseño de Bloques al Azar es más eficiente que el Diseño Completamente al Azar (Eficiencia del DBA-DCA es de 1,315 mayor a 1)

El tipo de estaca, fitohormonas y la interacción tipo de estaca por fitohormonas presentaron diferencias estadísticas significativas, por lo que se realizó la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

4.3.1 Tipos de estacas

En la comparación de medias por la prueba de Duncan (Figura 10) se observa que a los 150 días después de la plantación existen diferencias estadísticas significativas en longitudes promedio de raíces entre los tres tipos de estaca, donde la estaca intermedia tuvo mayor respuesta con 14,9 cm, superior estadísticamente a las estacas basales y apicales con 13,6 y 10,06 cm respectivamente.

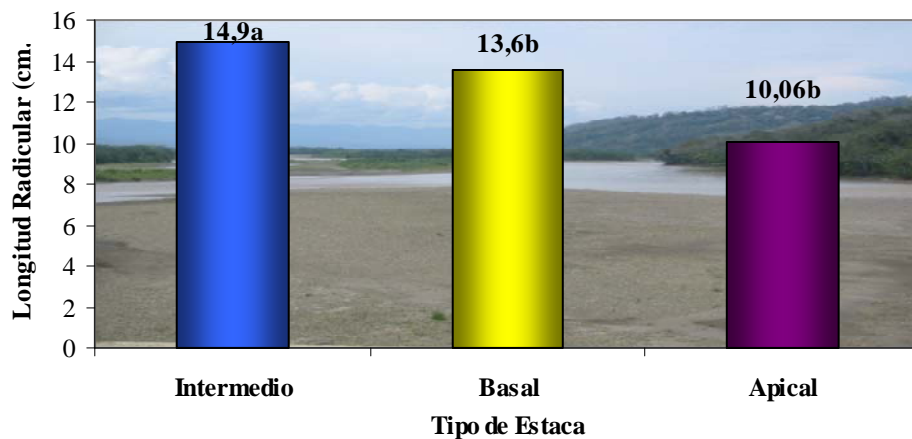


Figura 10. Comparación de medias de Duncan para el tipo de estaca sobre la longitud radicular

La elongación de las estacas se deba probablemente al contenido de auxinas en estacas jóvenes, al respecto Meyer (1976) señala que las estacas mas jóvenes contienen mayor cantidad de auxinas que las estacas maduras, aspecto que tiene mucha importancia en la iniciación y elongación radicular.

4.3.2 Fitohormonas

La prueba de Duncan (Figura 11) muestra que existen también diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tipos de fitohormonas y el testigo. En las comparaciones con el testigo se puede observar que la aplicación de enraizadores logran un mayor crecimiento radicular, las mejores respuestas se obtuvieron con el Rootone con 14,8 cm y el Roothor con 14,0 cm, seguido del Biozyme TF* con 12,0 cm con respecto al testigo con 10,7 cm.

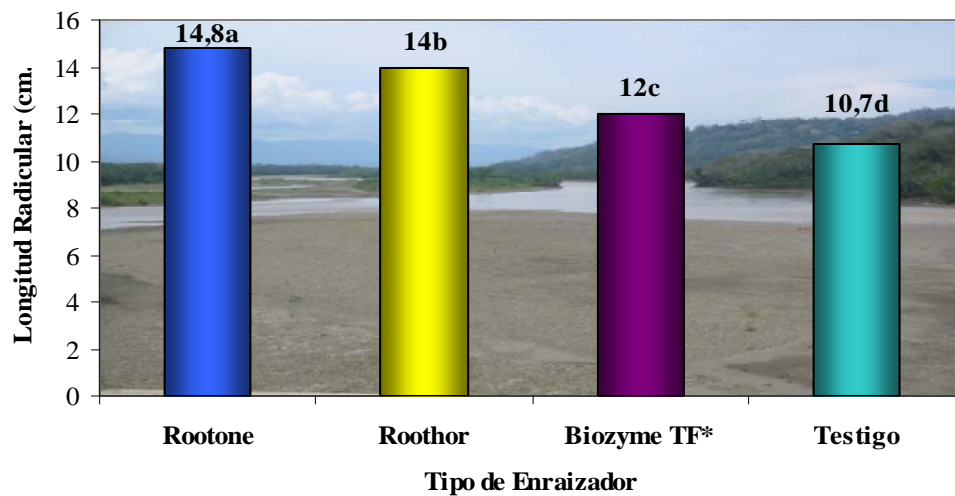


Figura 11. Efecto de las fitohormonas sobre la longitud de raíces

De los resultados obtenidos se deduce que cuando se utiliza Rootone y Roothor el sistema radicular aumenta en longitud.

4.3.3 Interacción tipo de estaca x fitohormona

La interacción dada por los tres factores (Figura 12) es significativa a los 150 días desde el inicio del ensayo, donde se observa que la mayor longitud de raíces en promedio se obtiene en estacas intermedias y basales con la aplicación de Rootone,

seguido de estaca intermedias y basales con la aplicación de Roothor, con respecto a la aplicación de la fitohormona Biozyme TF* y las estaca apicales en relación al testigo.

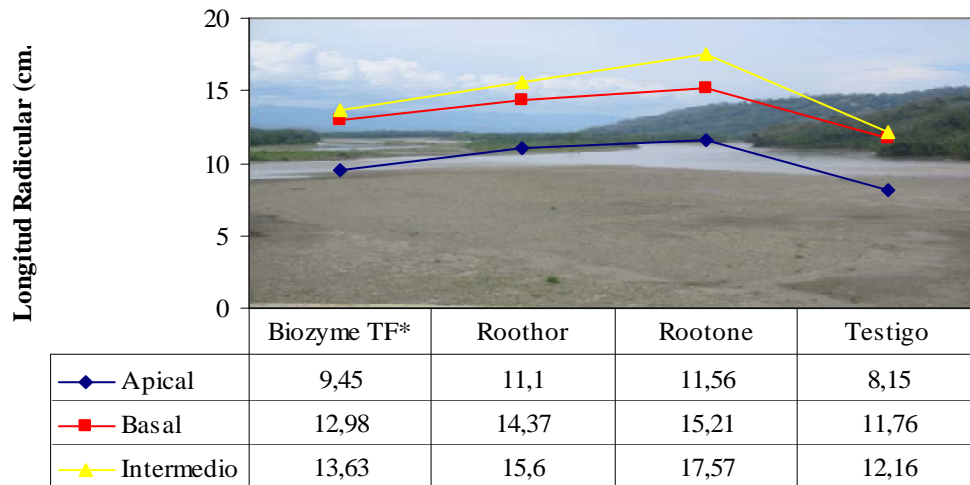


Figura 12. Efecto de la interacción del tipo de estaca y fitohormona sobre la longitud de las raíces

Los resultados obtenidos en el ensayo probablemente se deban a que el desarrollo de la longitud de raíz esta directamente relacionado con la fitohormona empleada y el tipo de estaca ya que se observa una correlación alta entre la fitohormona, tipo de estaca y el incremento de la longitud de raíz.

Al parecer el crecimiento de la raíz esta normalmente bajo el control de la concentración de la auxina, ya que esta fuertemente influenciada en el crecimiento de estas, Así mismo la presencia de citocininas es necesaria en las raíces para la división celular. Como en otros tejidos, probablemente el tipo y velocidad de crecimiento dependen no solo de la presencia de dichas hormonas sino el balance entre ellas (Bidwel, 1979)

El mismo autor señala que la auxina controla el crecimiento de la raíz a través de dos efectos separados, al encontrar que aquella acelera el crecimiento del ápice de la raíz al principio pero inhibe su expansión posterior. Esta aparente dualidad de acción se puede deber al cambio de las concentraciones de otros factores del crecimiento, tales como las citocininas.

4.4 Número de raíces

De acuerdo al coeficiente de variación para esta variable que es de 10,9% se puede admitir que los datos son confiables.

Cuadro 5. Análisis de varianza para el número de raíces a los 150 días

FV	GL	SC	CM	¹ Fcal.	² Ftab.
Bloque	3	24,477	8,49	1,61ns	2,89
Tipo de Estaca	2	1475,900	737,95	139,49**	3,29
Fitohormona	3	578,380	192,79	36,44**	2,89
Tipo de Estaca x Fitohormona	6	55,105	9,18	1,74ns	2,39
Error	3	174,580	5,29		
Total	47	2309,450			
CV = 10,9%					
Eficiencia relativa DBA – DCA = 1,039					

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. ¹ Fcal = F calculado, ² Ftab = F tabulado

El análisis de varianza (Cuadro 5) para el número de raíces no se encontraron diferencias significativas entre bloques, consecuentemente se realizó el cálculo de eficiencia del diseño (Anexo 3), demostrándose que el Diseño de Bloques al Azar es mas eficiente con respecto al Diseño Completamente al Azar (Eficiencia del DBA-DCA es de 1,039 mayor a 1), también se encontraron diferencias significativas entre tipos de estaca y fitohormonas, por lo que se realizó la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

En la interacción tipo de estaca y fitohormonas no presenta diferencias significativas lo que indica que el efecto del tipo de estaca (apical, intermedio, basal) es el mismo con las fitohormonas (Roothor, Rootone y Biozyme TF*), donde ambos factores son independientes con respecto al número de raíces.

4.4.1 Tipo de Estaca

En la prueba de Duncan (Figura 13) el número promedio de raíces producidas por el tipo de estaca después de la plantación fueron estadísticamente diferentes, la estaca intermedia con 26,4 raíces y basal con 23,44 raíces, fueron superiores significativamente presentando mayor número de raíces con respecto a las estacas apicales con 13,44 raíces.

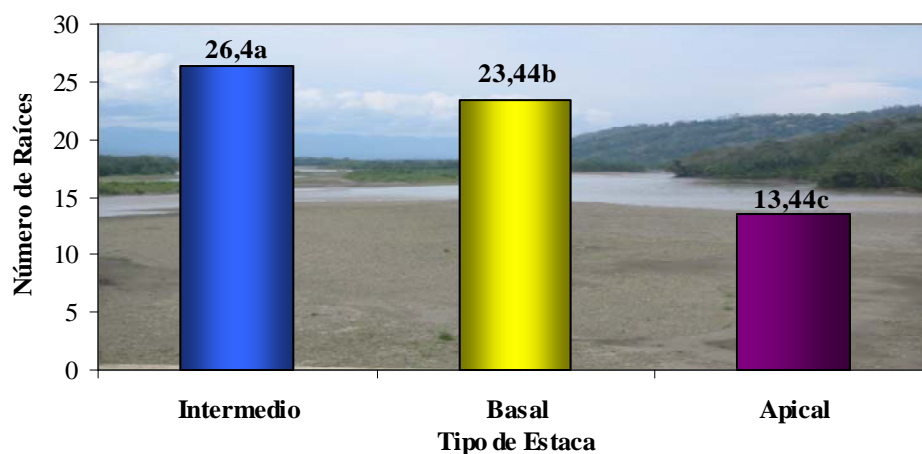


Figura 13. Efecto del tipo de estaca sobre el número de raíces

Los resultados mostraron que la mayor cantidad de raíces se obtuvieron en las estacas intermedias seguidas de las estacas basales en relación a las estacas apicales.

Hartmann y Kester (1998) señalan que la auxina controla el crecimiento de la raíz a través de dos efectos separados, al encontrar aquellas que acelera el crecimiento del ápice de la raíz al principio pero inhibe su expansión posterior. Esta aparente dualidad de acción se puede deber al cambio de las concentraciones de otros factores del crecimiento, tales como la citosina. Por otro lado Bidwel (1979) afirma que la formación de raíces, son procesos controlados principalmente por factores internos, se determinan aparentemente por los niveles, o el gradiente de las sustancias de crecimiento en los meristemas o en la raíz.

4.4.2 Fitohormonas

En la comparación de medias por la prueba de Duncan (Figura 14) se pudo observar que existen diferencias significativas y la mejor respuesta que se obtuvo sobre el número de raíces fue por los productos Rootone con 25,3 raíces y Roothor con 23,6 raíces, frente al Biozyme TF* con 18,8 y Testigo con 16,7 raíces.

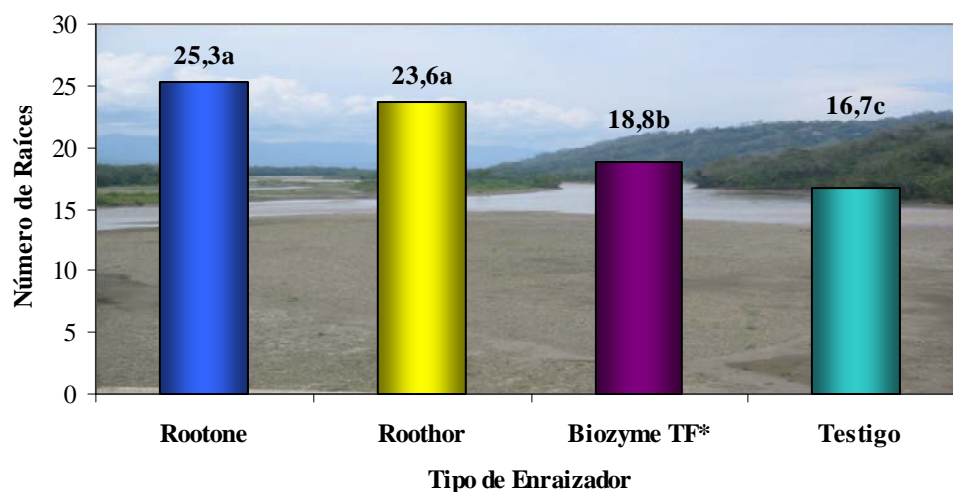


Figura 14. Efecto de las fitohormonas sobre el número de raíces

Los resultados nos muestran que los distintos productos evaluados, tienen la mejor respuesta al aplicar Rootone y Roothor, posiblemente se deba a la actividad estimuladora de estos productos, que mejoran el incremento del número de raíces.

Al respecto Weaver (1996) menciona que los reguladores de crecimiento, usados en concentraciones excesivas para la especie pueden ocasionar daño. Una concentración eficaz y no tóxica, puede ser usada si la porción basal del tallo, muestra algún hinchamiento, acompañado por una profusa producción de raíces, justo arriba de la base de la estaca. De ordinario se considera que una concentración un poco inferior al punto tóxico es la más favorable para el estímulo del enraizamiento.

Hartmann y Kester (1998) señalan que la mayoría de las estacas de plantas herbáceas al ser tratadas con estimuladores del enraizamiento incrementan la producción de grupos de raíces y por ende el tamaño de estas.

Weaver (1996) indica que el uso de los reguladores de crecimiento mejora la calidad de las raíces formadas en la estaca, aumentando por una parte el número de raíces como también el tamaño. El AIB (ácido indolbutírico), produce un sistema de raíces fuertes y fibrosas siendo esta auxina uno de los mejores estimulantes del enraizamiento por presentar una actividad auxínica débil y los sistemas de enzimas destructores de

auxinas, la destruyen en forma relativamente lenta puesto que el AIB es un producto químico persistente resultando muy eficaz como estimulante de las raíces, debido a que el AIB se desplaza muy poco se retiene cerca del sitio de aplicación.

4.5 Días a la brotación

De acuerdo a los coeficientes de variación para este indicador evaluado se puede admitir que los datos son confiables.

Cuadro 6. Valores de F calculado del análisis de varianza para días a la brotación

FV	Días a la Brotación				
	27 días	38 días	49 días	60 días	² F _{tab}
	¹ F _{cal}	¹ F _{cal}	¹ F _{cal}	¹ F _{cal}	
Bloques	1,52ns	0,13ns	1,08ns	0,55ns	2,89
Tipo de Estaca	562,66**	223,20**	25,70**	162,65**	3,29
Fitohormona	3,42*	2,25ns	5,03*	6,49*	2,89
Estaca x Fitohormona	0,96ns	1,25ns	1,90ns	1,66ns	2,39
CV	20,84%	19,9%	16,15%	12,54%	
Efic. Rel. DBA-DCA	1,03	1,0	1,01	1,0	

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. ¹ F_{cal} = F calculado, ² F_{tab} = F tabulado, Efic. Rel. DBA-DCA = Eficiencia relativa del diseño de Bloques al Azar respecto al Diseño Completamente al Azar

En la tabla (Cuadro 6) de valores de F calculado de los análisis de varianza (Anexo 7 al 10) se determino que no existe diferencias significativas entre bloques e interacción estaca versus enraizador durante los 27, 38, 49 y 60 días, por no encontrarse diferencias significativas entre bloques se realizó la prueba de eficiencia del diseño (Anexo 4), demostrando que el Diseño de Bloques al Azar sigue siendo eficiente con respecto a DCA.

Se encontraron también diferencias significativas entre los tipos de estacas y las distintas fitohormonas, por lo que se realizó la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

En la interacción tipo de estaca y fitohormonas no presentó diferencias significativas lo que indica que el efecto del tipo de estaca (apical, intermedio, basal) es el mismo con

las fitohormonas (Roothor, Rootone y Biozyme TF*), donde ambos factores son independientes con respecto al número de raíces.

4.5.1 Tipo de Estaca

En la prueba de Duncan (Figura 15), las respuestas obtenidas para la variable días a la brotación a los 27 días, estadísticamente fueron mayores en inicio de brotes, en estacas intermedias con un 15,6 % de brotes, en relación a la estaca basal y apical con 11,25 y 6,87 % de brotes respectivamente. A los 38 días estadísticamente son iguales en inicio de brotes las estacas intermedias y basales con 32,5 y 25,6 % de brotes y diferentes en relación a las estacas apicales con 8,1 % de brotes. A los 49 días después de la plantación a pesar de observarse un inicio sustancial en brotes no se presentaron diferencias significativas. Continuando esta tendencia a los 60 días donde las estacas intermedias y basales con 46,3 y 40,6 % de brotes fue superior en relación a la estaca apicales con 28,1 % de brotes.

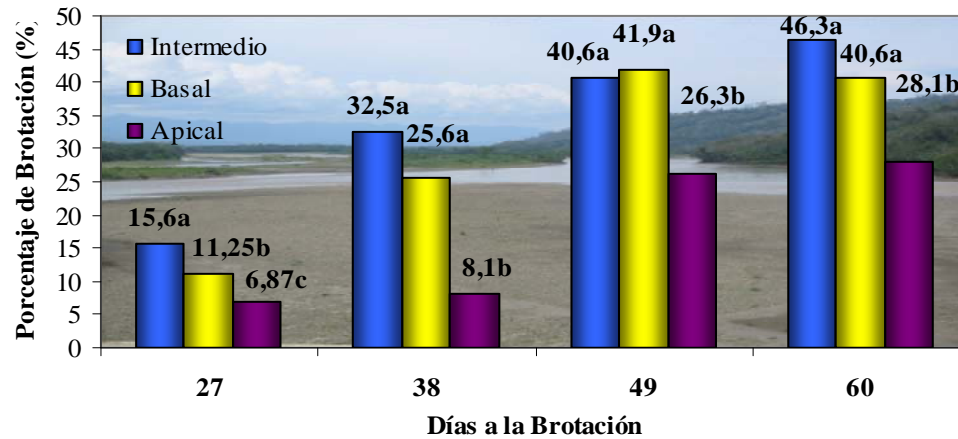


Figura 15. Efecto del tipo de estaca sobre los días a la brotación

4.5.2 Fitohormona

En la prueba de Duncan (Figura 16) para la variable días a la brotación y diferentes fitohormonas, a los 27 días se observó estadísticamente un mayor inicio de brotes por los productos Rootone y Roothor con 15,0 y 12,5 % de brotes respectivamente, seguido por Biozyme TF* y el testigo con 9,2 y 8,3 % de brotes. A los 38 días el producto Rootone fue estadísticamente superior con 27,5 % de brotes, con respecto a los

productos Roothor y Biozyme TF* estadísticamente iguales con 22,5 y 22,5 % de brotes respectivamente, en relación al testigo con 15,8 % de brotes.

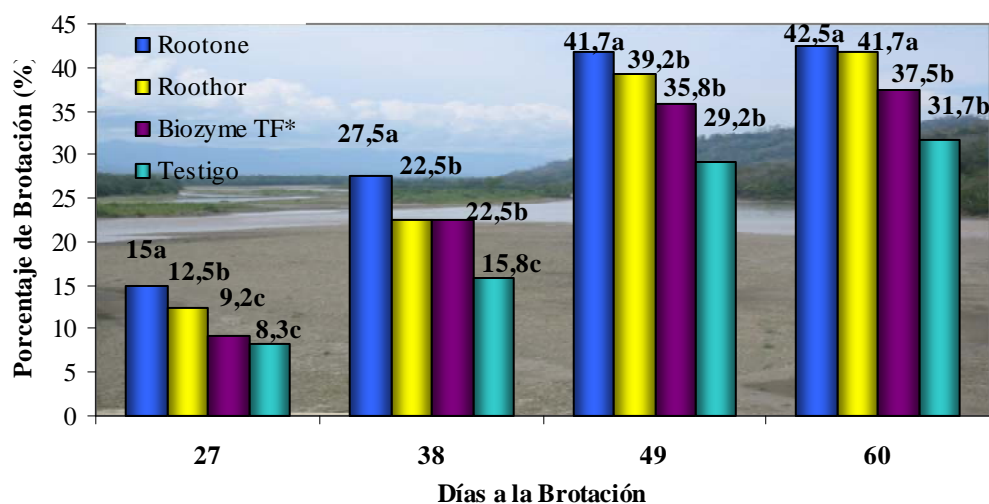


Figura 16 Efecto de las fitohormonas sobre los días a la brotación

A los 49 días se observó un mayor inicio de brotes con el producto Rootone con 41,7 % de brotes, con respecto al Roothor, Biozyme TF* y el testigo que fueron estadísticamente iguales con 39,2, 35,8 y 29,2 % de brotes respectivamente. A los 60 días se observó mayor respuesta, presentando diferencias significativas entre los distintos producto y el testigo, los productos Rootone y Roothor estadísticamente iguales en inicio de brotes con 42,5 y 41,7 % de brotes, en relación al Biozyme TF* y el testigo que también fueron estadísticamente similares con 37,5 y 31,7 % de brotes respectivamente.

4.6 Altura de Brotes

Los coeficientes de variación para la altura de brotes demuestran que los datos están dentro el rango de aceptación y son confiables.

Cuadro 7. Valores de F calculado del análisis de varianza para altura de brotes

FV	Altura de Brote						
	50 días	70 días	90 días	110 días	130 días	150 días	² F _{tab}
	¹ F _{cal}	¹ F _{cal}	¹ F _{cal}	¹ F _{cal}	¹ F _{cal}	¹ F _{cal}	
Bloques	0,1ns	1,80ns	1,38ns	2,80ns	4,22*	3,23*	2,89
Tipo de Estaca	63,62**	26,48**	48,60**	65,82**	279,9**	280,1**	3,29
Fitohormona	29,62**	14,59**	58,84**	44,17**	107,2**	141,9**	2,89
Estaca x Fitohormona	3,20*	1,02ns	8,08*	7,88*	13,86*	9,87*	2,39
CV	23,85%	17,27%	11,44%	9,45%	6,26%	4,23%	
Efic. Rel. DBA – DCA	1,0	1,05	1,02	1,11	1,20	1,14	

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. F_{cal} = F calculado, F_{tab} = F tabulado
 Efic. Rel. DBA-DCA = Eficiencia relativa del diseño de Bloques al Azar respecto al Diseño Completamente al Azar

En la tabla (Cuadro 7) de valores de F calculado de los análisis de varianza (Anexo 11 al 16) determinó que no existe diferencias significativas durante la primera, segunda, tercera y cuarta toma de datos, en cambio en la quinta y sexta lectura si existe diferencias significativas, lo que indica que el diseño pierde precisión, por lo que se realizo la prueba de eficiencia del diseño (Anexo 5), demostrando que el Diseño de Bloques al Azar sigue siendo eficiente con respecto al Diseño Completamente al Azar.

Se encontraron también diferencias significativas entre tipos de estaca, fitohormonas y la interacción tipo de estaca y fitohormona, por lo que se realizó la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

4.6.1 Tipo de Estaca

En la prueba de Duncan (Figura 17), las respuestas obtenidas de la variable altura de brote a los 50 días, fue mayor significativamente en crecimiento en estacas intermedias con 1,6 cm de longitud, en relación a la estaca basal y apical con 0,56 y 1,12 cm respectivamente. A los 70 días presenta mayor significancia en crecimiento de brote la estaca intermedia con 1,89 cm y estadísticamente son iguales en crecimiento de brotes la estaca basal y apical con 1,25 y 1,39 cm respectivamente. A los 90 días después de la plantación a pesar de observarse un crecimiento sustancial en altura de brote, no se presentaron diferencias significativas.

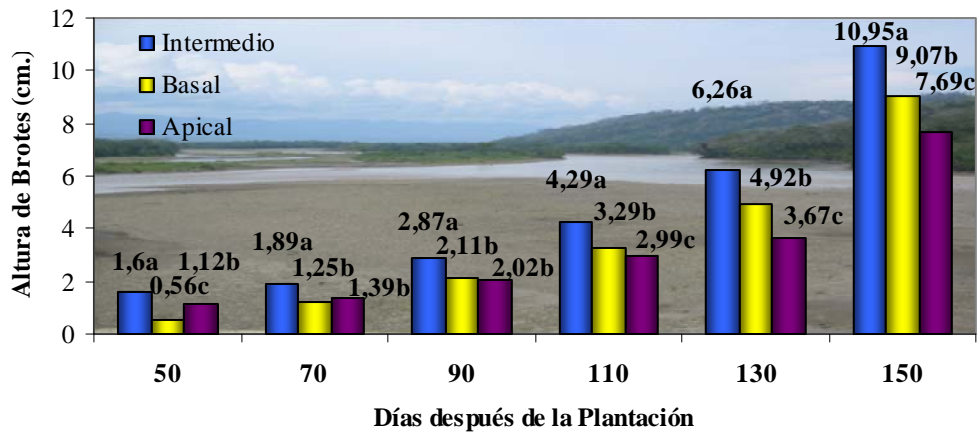


Figura 17. Efecto del tipo de estaca sobre la altura de brotes en función del tiempo

A los 110 días se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tipos de estaca, presentando mayor significancia las estacas intermedias con 4,29 cm en crecimiento en altura de brote respecto a la estaca basal y apical con 3,29 y 2,99 cm en crecimiento en altura.

A los 130 días también se presentaron diferencias significativas entre los distintos tipos de estaca, presentando mayor crecimiento en altura de brote la estaca intermedia con 6,26 cm, seguido de la estaca basal con 4,92 cm y la estaca apical con 3,67 cm en crecimiento de altura de brotes respectivamente, Continuando esta tendencia a los 150 días donde la estaca intermedia con 10,95 cm de altura de brote fue superior estadísticamente en relación a la estaca basal con 9,07 cm y la estaca apical con 7,69 cm en crecimiento en altura de brote.

Luego de los 90 días a los 150 días fue uniforme la tendencia de crecimiento en altura de brote y se mantuvieron superiores significativamente las estacas intermedia y basal, seguidos de las estacas apicales. Observándose un desarrollo de la parte aérea de la planta, un poco tardía en los primeros 90 días y a partir de esa fecha hubo un crecimiento más favorable en altura de brotes hasta los 150 días.

Según Barcelo (1980) indica que el nivel de auxina es mayor cuando los brotes son tiernos y las giberelinas están presentes en altas concentraciones actuando como

inductoras de las auxinas al liberar el aminoácido triptófano. Por otra parte el contenido de inhibidores es bajo pocos días después de la brotación, aumenta con la edad y a medida que va madurando los brotes.

Hartmann y Kester (1998) afirman también que los factores morfológicos pueden ser una barrera para el enraizamiento, este efecto es más notorio cuando los brotes están madurando y se van endureciendo.

4.6.2 Fitohormona

En la comparación de medias por la prueba de Duncan (Figura 18), a los 50 días, se observó estadísticamente un mayor crecimiento en altura de brote, por los productos Rootone y Roothor con 1,56 y 1,22 cm respectivamente, seguido por Biozyme TF* y el testigo con 0,99 y 0,58 cm en altura de brote. A los 70 días son iguales estadísticamente los productos Rootone, Roothor y Biozyme TF* con 1,75, 1,61 y 1,57 cm respectivamente, con respecto al testigo siendo este menor significativamente en crecimiento de brote con 1,09 cm.

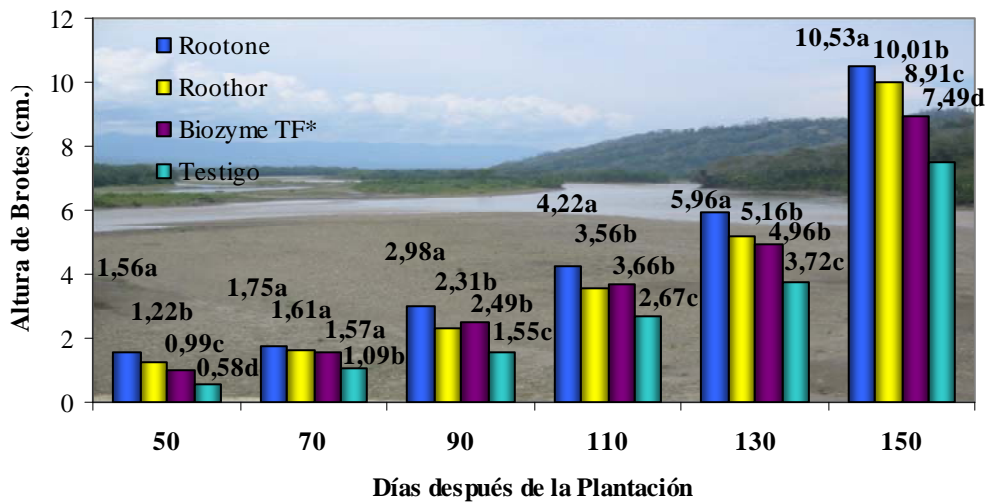


Figura 18. Efecto de las fitohormonas sobre la altura de brotes en función del tiempo

A los 90 días se observó un mayor crecimiento del brote con Rootone de 2,98 cm en relación a los productos Roothor y Biozyme TF que fueron estadísticamente iguales en crecimiento de brote con 2,31 y 2,49 cm respectivamente, el testigo fue estadísticamente menor en crecimiento en relación a los demás productos con 1,55 cm.

Se observó la misma tendencia a los 110 y 130 días, donde el Rootone fue superior estadísticamente en relación al Roothor, Biozyme TF* que fueron estadísticamente similares y el testigo presentó menor significancia. A los 150 días se observó mayor respuesta, presentando diferencias significativas entre los distintos productos y el testigo, los productos Rootone y Roothor con 10,53 y 10,01 cm respectivamente en relación al Biozyme TF* con 8,91 cm y el Testigo con 7,49 cm en crecimiento del brote.

En la interacción (Figura 19) se observa que los mejores resultados obtenidos a los 50 días después del plantado para la altura de brotes en promedio se obtiene en estacas intermedias y apicales con la aplicación de las fitohormonas Rootone y Roothor, con respecto a las estacas basales y la aplicación de la fitohormona Biozyme TF* en los tres tipos de estaca en relación al testigo.

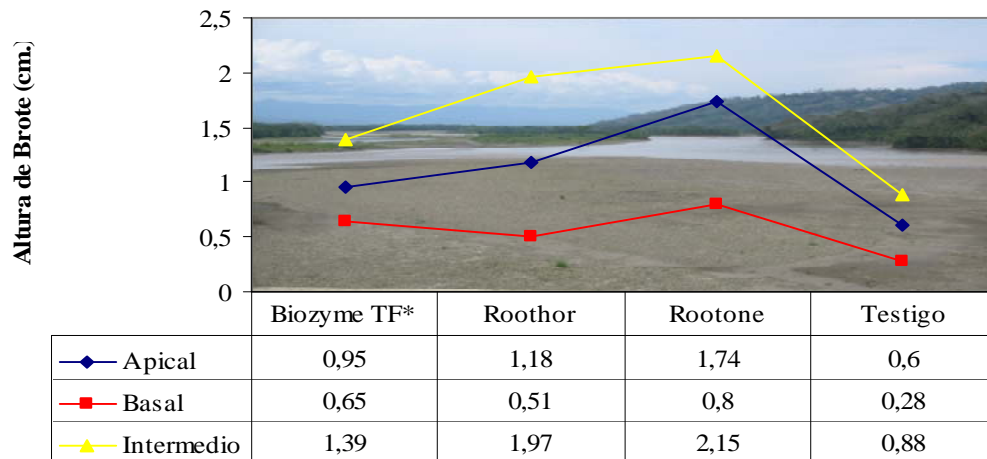


Figura 19. Efecto de la interacción del tipo de estaca y fitohormona sobre la altura de brotes

En el efecto de interacción (Figura 20) del tipo de estaca y fitohormona sobre la altura de brotes a los 70 días después del plantado, para la altura de brotes promedio en estacas intermedias, se observó que con la aplicación de Rootone, Biozyme y Roothor en relación al testigo se obtuvieron mejores resultados, con respecto a las estacas apicales y basales con la aplicación de Rootone, Biozyme y Roothor en relación al testigo.

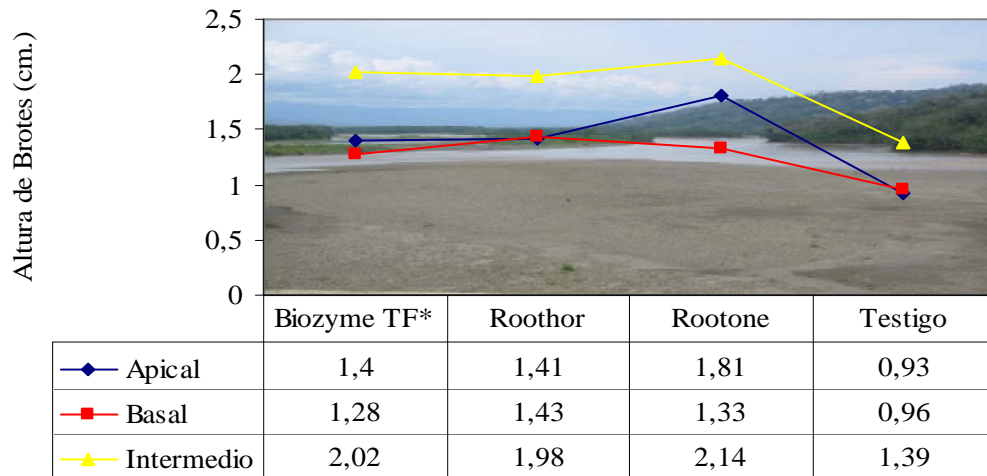


Figura 20. Efecto de la interacción del tipo de estaca y fitohormona sobre la altura de brotes

En la interacción (Figura 21) tipo de estaca y fitohormona sobre la altura promedio de crecimiento de los brotes, se observó estadísticamente un mayor crecimiento en altura de brote en estacas intermedias, con la aplicación de las fitohormonas Rootone, Roothor y Biozyme en relación al testigo, con respecto a las estacas apicales y basales tratadas con Roothor, Rootone y Biozyme TF* en relación al testigo. Esta tendencia se mantuvo entre los 90 y 130 días.

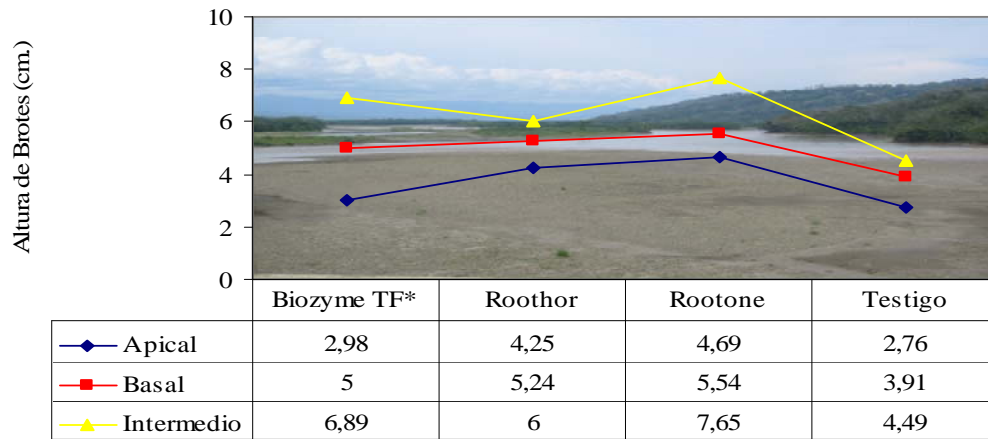


Figura 21. Efecto de la interacción del tipo de estaca y fitohormona sobre la altura de brotes

La interacción del tipo de estaca y fitohormona (Figura 22) a los 150 días se observó estadísticamente un mayor crecimiento en altura de brote, para estacas intermedias y basales con la aplicación de los productos Rootone, Roothor y Biozyme, con respecto al testigo. Siendo estas estadísticamente superiores a las estacas apicales con la aplicación de Rootone, Roothor y Biozyme en relación al testigo.

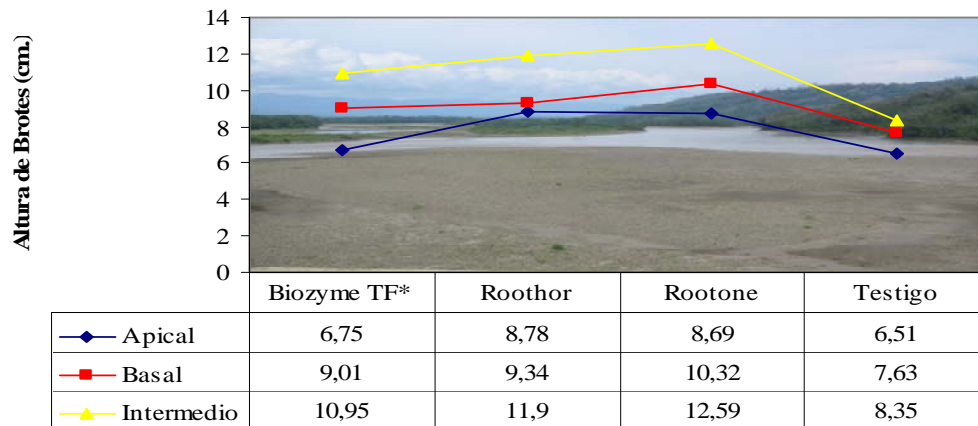


Figura 22. Efecto de la interacción del tipo de estaca y fitohormona sobre la altura de brotes

En el ensayo se pudo observar en principio un crecimiento lento del brote y a partir de los 60 días recién se pudo apreciar el desarrollo de este, con una respuesta continua y acelerada. Posiblemente debido a la variación en la aplicación de las diferentes fitohormonas Rootone y Roothor.

4.7 Volumen Radicular

El coeficiente de variación para este indicador evaluado es de 5,97% el mismo que se encuentra dentro del rango de aceptación, considerado como adecuado para experimentos agrícolas.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el volumen radicular a los 150 días

FV	GL	SC	CM	¹ Fcal.	² Ftab.
Bloque	3	0,24976	0,08325	9,31*	2,89
Tipo de Estaca	2	13,78819	6,89409	77,97**	3,29
Fitohormona	3	9,04481	3,01494	337,16**	2,89
Tipo de Estaca x Fitohormona	6	1,37657	0,22943	25,66**	2,39
Error	3	0,29509	0,00894		
Total	47	24,75443			
CV = 5,97%					
Eficiencia relativa DBA – DCA = 1,53					

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. ¹ Fcal = F calculado, ² Ftab = F tabulado

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 8) para el volumen radicular se encontraron diferencias significativas entre bloques, consecuentemente se realizó el cálculo de eficiencia del diseño (Anexo 6), demostrándose que el Diseño de Bloques al Azar sigue siendo más eficiente que el Diseño Completamente al Azar (eficiencia del DBA-DCA es de 1,53 mayor a 1)

Encontrándose también diferencias estadísticas significativas entre tipos de estaca, fitohormonas y la interacción tipo de estaca y fitohormona, por lo que se realizó la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

4.7.1 Tipo de Estaca

En la prueba de Duncan (Figura 23) el volumen radicular producidas por el tipo de estaca de *Bixa orellana* L., a los 150 días después de la plantación fueron estadísticamente diferentes, donde la estaca intermedia con 2,19 cc y basal con 1,67 cc, fueron superiores significativamente presentando mayor volumen radicular con respecto a las estacas apicales con 0,88 cc. Los resultados mostraron que el mayor

volumen radicular registrado se obtuvo en las estacas intermedias seguidas de las estacas basales en relación a las estacas apicales.

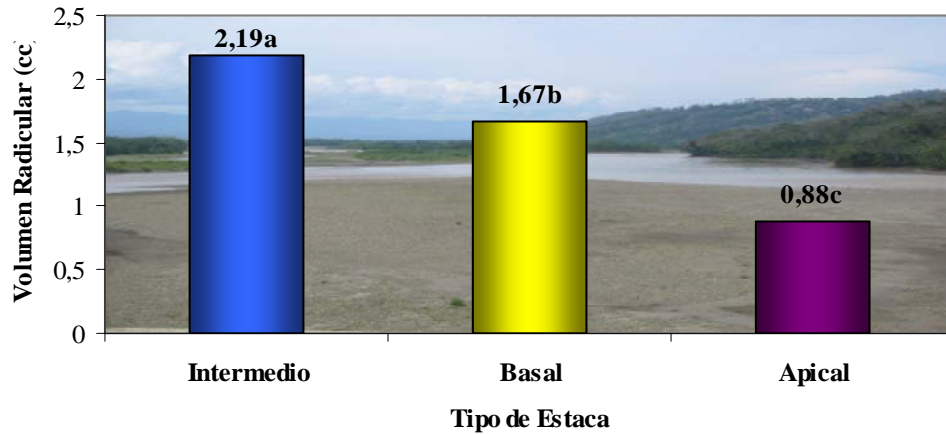


Figura 23. Efecto del tipo de estaca sobre el volumen radicular

El volumen radicular obtenido puede estar atribuido a: que el trabajo de propagación vegetativa se realizó en condiciones de temperatura ambiente vivero a campo abierto, donde la planta debido a los factores climáticos logro mayor volumen radicular, de acuerdo a las características de la especie.

4.7.2 Fitohormonas

En la comparación de medias por la prueba de Duncan (Figura 24) se pudo observar que existen diferencias significativas y la mejor respuesta que se obtuvo sobre el volumen radicular fue por los productos Rootone con 2,09 cc y Roothor con 1,79 cc, frente al Biozyme TF* con 1,54 cc en relación al Testigo con 0,91 cc.

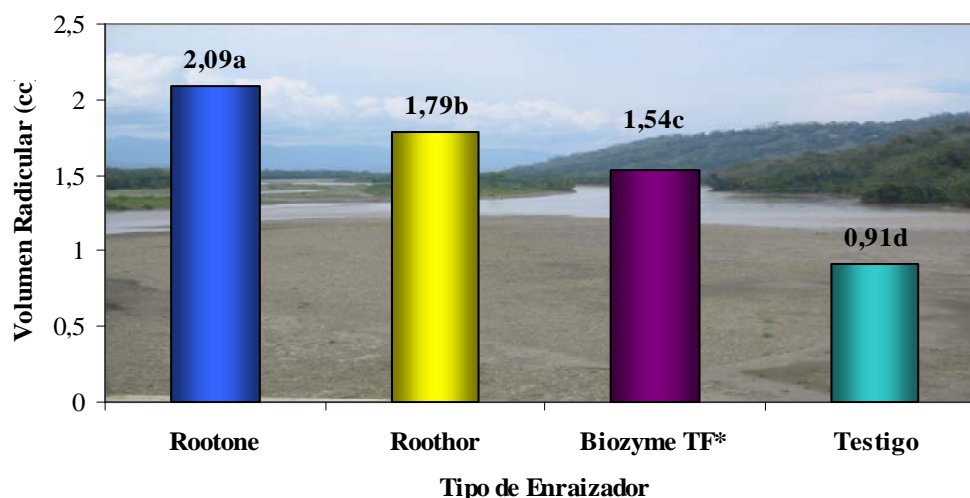


Figura 24. Efecto de las fitohormonas sobre el volumen radicular

Los resultados nos muestran que con los distintos productos evaluados se tiene la mejor respuesta al aplicar Rootone y Roothor, posiblemente se deba a la actividad estimuladora de estos productos, que mejoran el incremento de la longitud y por ende el aumento del volumen radicular.

4.7.3 Interacción tipo de estaca x fitohormona

La interacción dada por los tres factores (Figura 25) es significativa a los 150 días desde el inicio del ensayo, donde se observa que el volumen radicular en promedio se obtiene en estacas intermedias y basales con la aplicación de Rootone, seguido de estaca intermedias y basales con la aplicación de Roothor, con respecto a la aplicación de la fitohormona Biozyme TF* y las estaca apicales en relación al testigo.

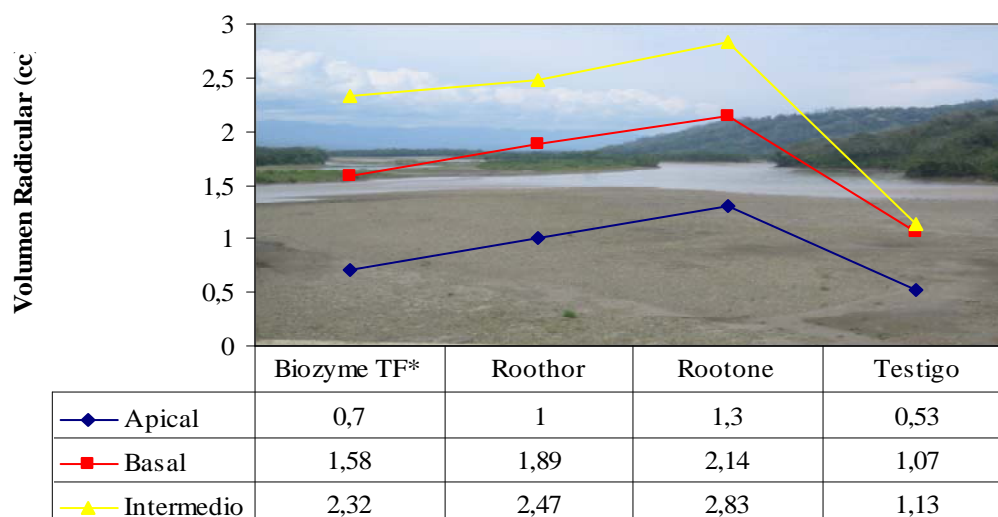


Figura 25. Efecto de la interacción del tipo de estaca y fitohormona sobre el volumen radicular

Los resultados obtenidos en el ensayo con respecto al aumento del volumen radicular, probablemente se deban al desarrollo de la longitud de la raíz la cual posiblemente esta directamente relacionado con la fitohormona empleada y el tipo de estaca ya que se observa una correlación alta entre la fitohormona, tipo de estaca y el aumento del volumen radicular.

4.8 Velocidad de Crecimiento

A partir de los promedios de altura de brotes y el tiempo, se determino la regresión de cada uno de los tratamientos, dándonos en la totalidad de los mismos coeficientes de regresión positiva (Cuadro 9)

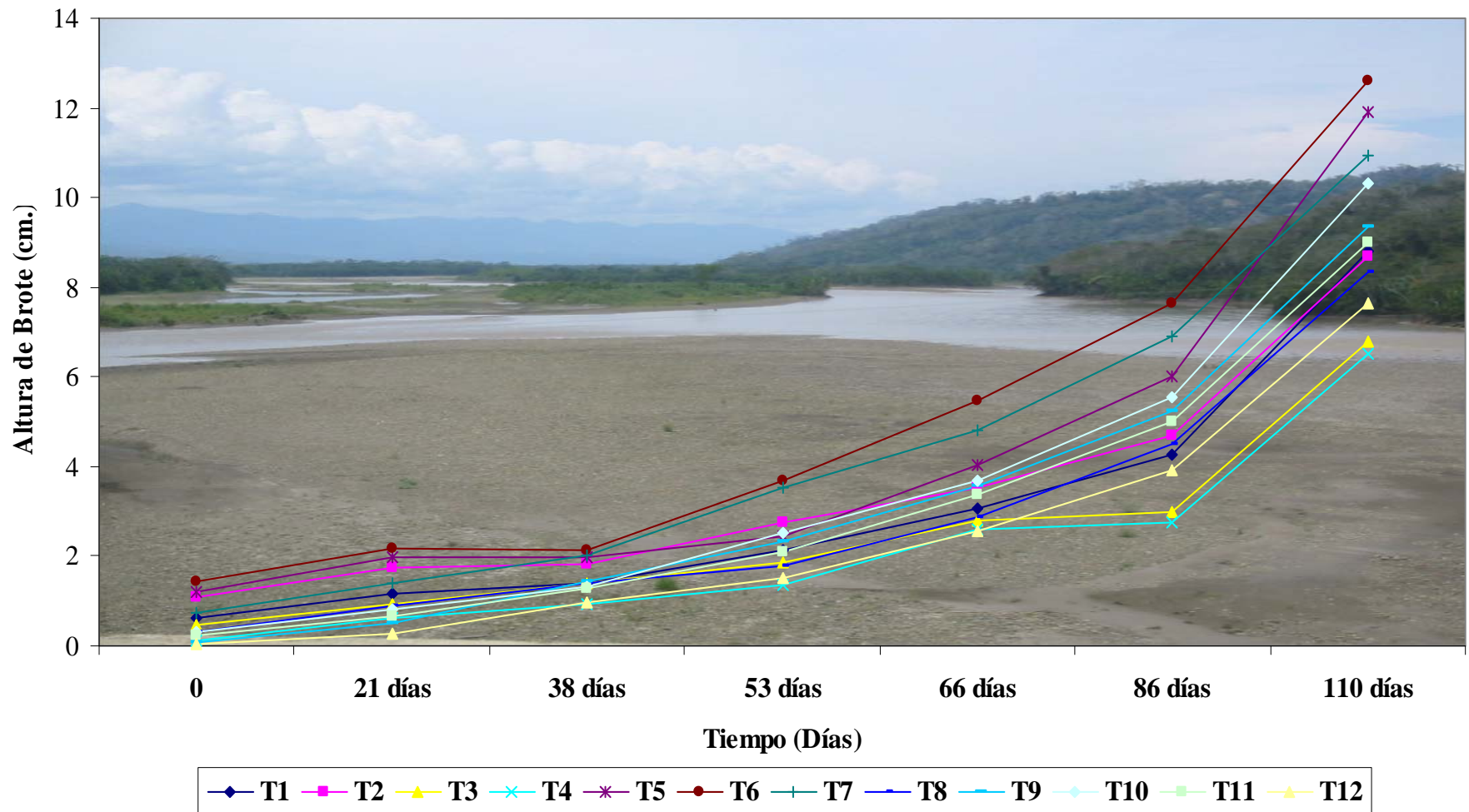
Es así que en el tratamiento 6 (estaca intermedio con Rootone) se tiene un incremento mayor en altura, por lo que se puede afirmar que por cada día, existió un incremento en altura de 1,7065 cm, en tanto que el menor incremento en altura lo tiene el tratamiento 3 (estaca apical con Biozyme*TF) en el cual por cada día se obtuvo un incremento de altura de 0,8705 cm.

Cuadro 9. Análisis de regresión, correlación y coeficiente de determinación en función al tiempo y altura de brotes

Tratamiento	Ecuación de Regresión $y = a + bx$	r^2	r	a	b
T1	$y = -1,5421 + 1,1529 x$	0,7887	0,8880	-1,5421	1,1529
T2	$y = -0,8836 + 1,0875 x$	0,8119	0,9010	-0,8836	1,0875
T3	$y = -1,0254 + 0,8705 x$	0,7930	0,8905	-1,0254	0,8705
T4	$y = -1,4646 + 0,8983 x$	0,8011	0,8950	-1,4646	0,8983
T5	$y = -1,8179 + 1,5096 x$	0,7538	0,8682	-1,8179	1,5096
T6	$y = -1,8075 + 1,7065 x$	0,8530	0,9236	-1,8075	1,7065
T7	$y = -2,0125 + 1,5070 x$	0,9024	0,9499	-2,0125	1,5070
T8	$y = -1,1806 + 1,1698 x$	0,8258	0,9087	-1,1806	1,1698
T9	$y = 2,4086 + 1,4062 x$	0,8805	0,9383	2,4086	1,4062
T10	$y = -2,4718 + 1,4938 x$	0,8474	0,9205	-2,4718	1,4938
T11	$y = -2,2161 + 1,3267 x$	0,8614	0,9281	-2,2161	1,3267
T12	$y = -2,1007 + 1,1283 x$	0,8378	0,9153	-2,1007	1,1283

Por otro lado los coeficientes de correlación (r) de los tratamientos (Cuadro 9) presentan una alta correlación positiva, siendo el valor de los coeficientes de correlación en todos los casos mayor a 0.50, en la variable altura de brote versus tiempo, existiendo dependencia entre la altura de brote y el tiempo. En el mismo cuadro los coeficientes de determinación (r^2) de los tratamientos indican la variación de la altura de brotes es debido a la variación lineal que existe en la altura de brotes con relación al tiempo

De forma general todos los tratamientos (Figura 26) muestran un comportamiento ligeramente lineal de crecimiento, es decir que existe un incremento lineal en función del tiempo, los tratamientos se ajustan a la tendencia lineal de acuerdo a los coeficientes de determinación de cada tratamiento, lo que significa que la relación lineal de la variación de la altura está en función al tiempo.



Donde: T1,,T12 (Tratamientos)

Figura 26. Velocidad de crecimiento en función al tiempo y la altura de brotes

4.9 Costos variables de producción

Mediante el presente análisis económico basado en el ensayo, se pretende evaluar la utilidad que se obtendría usando cada uno de los tratamientos en forma independiente. El método para este análisis es el presupuesto parcial. La descripción del análisis de presupuestos parciales de los tratamientos considerados se muestran en los Anexos 17 al 28.

En el Cuadro 10 se muestra el presupuesto parcial para el presente trabajo, donde en la primera columna se observa los tratamientos producto de la combinación de tres niveles de distintos tipos de estaca y tres niveles de fitohormonas comerciales más un testigo, lo que dio un total de 12 tratamientos.

Cuadro 10. Análisis Económico de la Relación Beneficio Costo

Nº	Tratamientos	Egresos	Ingresos	Beneficio Neto	Relación B/C
1	a ₁ b ₁	6,51	24	17,49	2,69
2	a ₁ b ₂	8,46	30	21,54	2,55
3	a ₁ b ₃	10,33	20	9,67	0,94
4	a ₁ b ₄	5,64	16	10,36	1,84
5	a ₂ b ₁	6,51	48	41,49	6,38
6	a ₂ b ₂	8,46	52	43,54	5,15
7	a ₂ b ₃	10,33	38	27,67	2,68
8	a ₂ b ₄	5,64	32	26,36	4,67
9	a ₃ b ₁	6,51	40	33,49	5,15
10	a ₃ b ₂	8,46	48	39,54	4,68
11	a ₃ b ₃	10,33	34	23,67	2,29
12	a ₃ b ₄	5,64	32	26,36	4,67

La segunda columna muestra los egresos de cada tratamiento obtenidos en condiciones de experimentación, la tercera columna nos muestra el ingreso por la venta de plantines de cada tratamiento.

En la cuarta columna se muestra el beneficio neto para cada tratamiento, los valores obtenidos fueron producto de la diferencia entre el total de ingresos y el total egresos de los tratamientos.

En la siguiente columna se observa la relación Beneficio/Costo para cada tratamiento, para ello se tomaron en cuenta los beneficios netos dividido entre los costos totales de egresos para cada tratamiento.

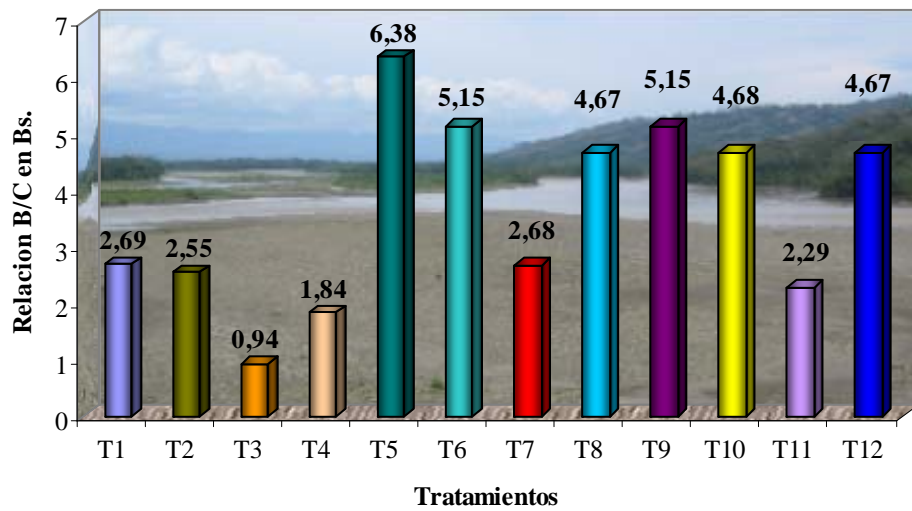


Figura 27. Análisis económico de la relación Beneficio Costo

En la Figura 27, se aprecia que el tratamiento 5 con la aplicación de Roothor a estacas de tipo intermedio, el tratamiento 6 con la aplicación de Rootone a estacas de tipo intermedio y el tratamiento 9 con la aplicación de Roothor en estacas de tipo basal, presentaron una relación beneficio costo superior en 6,38, 5,15 y 5,15, en relación a los demás tratamientos.

5. CONCLUSIONES

Como consecuencia de los resultados obtenidos, para la propagación de estacas de Achiote (*Bixa orellana L.*), bajo las condiciones en las que se efectuó el presente trabajo, se puede concluir que:

- La mejor respuesta al enraizamiento se obtuvo con estacas de tipo intermedia y basal, con un porcentaje de prendimiento del 72,5 y 66,8 %, mientras que las estacas apicales presentaron un bajo porcentaje de enraizamiento con 40,1%, en relación a las estacas intermedias y basales
- La mejor respuesta al enraizamiento se obtuvo en la interacción de la aplicación de las fitohormonas y los distintos tipos de estaca en porcentaje promedio de prendimiento para estacas intermedias y basales con el producto Rootone en 85,35%, 77,24% y con la aplicación de Roothor en 81,46%, 71,75% con relación al Biozyme TF*, las estacas apicales y el testigo.
- La variable número de raíces presento diferencias significativas para el tipo de estaca, obteniendo una mayor respuesta en estacas intermedias y basales en 26,4 y 23,44 raíces. Las estacas con aplicación de Rootone y Roothor mejoraron las características obtenidas por cada planton con un incremento del número de raíces en 25,3 y 23,6 raíces, en relación al Biozyme TF* y el testigo.
- La variable altura de brotes presento diferencias significativas a la combinación dada por el tipo de estaca-fitohormona, obteniendo las mejores respuestas para estacas basales e intermedias con la aplicación de Rootone con 10,32 y 12,59 cm, con el producto Roothor en 9,34 y 11,9 cm. respectivamente.
- En la interacción dada por los enraizadores y los distintos tipos de estacas, se observo que la mayor longitud de raíces se presento con la aplicación de Rootone y Roothor, en estacas intermedias y basales con 16,4 y 14,9 cm en promedio de incremento en relación al producto Biozyme TF*, estacas apicales y el testigo.

- En la interacción dada por los tipos de estaca y fitohormonas presentaron diferencias significativas, observándose una correlación alta entre las estacas intermedias y basales con la aplicación de Rootone en 2,83 y 2,14 cm³ en volumen radicular. En estacas intermedias con la aplicación de Roothor y Biozyme TF* presentaron un incremento en volumen radicular de 2,47 y 2,32 cm³ respectivamente en relación al testigo.
- Finalmente se concluye que en el análisis económico de la relación beneficio costo, los tratamiento 5 con la aplicación de Roothor en estacas de tipo intermedio, tratamiento 6 con la aplicación de Rootone en estacas de tipo intermedio y el tratamiento 9 con aplicación de Roothor en estacas de tipo basal, presentaron una relación beneficio costo superior en 6.38, 5.15 y 5.15 en relación a los demás tratamientos.

6. RECOMENDACIONES

Para que esta alternativa tecnológica pueda ser implementado en la zona se recomienda ofrecer al agricultor fitohormonas que no sean comerciales, productos naturales como el agua de coco, como enraizador auxínico, miel de abejas, agua de sal y otros que se puedan encontrar en forma natural.

Se recomienda utilizar estacas intermedias y basales con la aplicación del producto Rootone y Roothor para propagar por vía asexual, también realizar más experimentos en especies de alta producción.

Se recomienda evaluar en forma precisa la formación de raíz, realizando un seguimiento posterior cuando estas son llevadas al lugar definitivo, para ver si puede existir problemas en la futura planta.

Realizar estudios del comportamiento del Achiote propagado por estacas en campo definitivo a los 2, 3 y 4 años, donde se pueda evaluar la producción, el contenido de Bixina y la incidencia de factores climáticos (viento).

Finalmente se recomienda realizar trabajos de investigación utilizando productos naturales para el enraizamiento de estacas como el agua de coco, miel de abejas agua de sal y otros.

7. BIBLIOGRAFÍA

ADEX (Asociación de Exportadores del Perú) 1988. Estudio de Diversificación de Cultivos. Departamento agroindustrial Peru. s.e. 27 p.

Aliaga, J. 1985. Manual de Cultivo de Achiote. Dpto. de Investigación de Mercados. Lima. Perú. s.e. 34 p.

Alpi, A. y Tognoni, F. 1991. Cultivo en Invernadero. Ed. Mundi-Prensa. España 246 p.

Arrázola, M. 1993. Evaluación de nueve líneas de achiote (*Bixa orellana L.*) con alta producción de bixina. *In* Revista IBTA. Chapare, Bolivia. 1 v. p. 17-20

Barcelo, J. 1980. Fisiología Vegetal. Ed. Pirámide. Madrid, España. 823 p.

Bidwel, R. 1979. Fisiología Vegetal. Ed. A.G.T., México D, México. 784 p.

Barcelo, J. 1980. Fisiología Vegetal. Ed. Pirámide. Madrid, España. 823 p.

Batista, F.A.S., Dantes, E.C.S., Barbosa, M. M. y Santos, E.S. dos 1988. Acultura do Urucuerio. Empresa Estadual de Pesquisas Agropecuarias da Paraiba. Documento N° 10. Paraiba-Brasil, s.p.

Calzada, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Perú. Editorial La Molina, p. 350-500

Cárdenas, M. 1969. Manual de plantas económicas de Bolivia. ICTHUS, Cochabamba, Bolivia. s.e. 40 p.

Castañeda, A. 1984. Propagación Comparativa de *Polylepis racemosa* R. Y P. con Nutrientes Tomadas a tres niveles de la rama. Tesis Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo Perú. 27, p. 29-34

Chávez, J. Egoavil, A. 1991. Manual de Viveros Forestales Volantes. Programa Regional de Capacitación de Mano de Obra Forestal. Pucallpa. Perú. s.e. 30 p.

CUMAT/COTESU-O, 1987. Planificación Vial y Evaluación 84-94 Para el Área de Alto Beni, La Paz-Bolivia. 40 p.

Cuisance, P. 1988. La multiplicación de las plantas y el vivero. Multiplicación vegetal. Ed. Mundi Prensa. Madrid-España. 165 p.

Enríquez, G. y Salazar, L. 1983. Variabilidad genética del rendimiento y algunas otras características del achiote (*Bixa orellana L.*) In Aspectos sobre el achiote y perspectivas para Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. p. 77-100

Hernández, J., Trujillo, R. y Arévalo, E. 1988. Sistemas de producción de achiote en la Amazonía Peruana. Tingo Maria-Perú. s.e. 83 p.

Hartmann, T. 1992. Plant Propagation Principles and Practices. Sexta Impresión, México. p. 237-675

Hartmann, T. y Kester, D. 1998. Propagación de Plantas: Principios y Practicas Editorial Continental. México. 727 p.

IPHAE (Instituto para el Hombre, Agricultura y Ecología), 1993. Aspectos Silviculturales de especies Tropicales que ocurren en el Norte Amazónico de Bolivia. Riberalta, Banco de Datos.

IGM (Instituto Geográfico Militar), 2004. Atlas Digital de Bolivia. La Paz – Bolivia, 1 Disco Compacto, 8 mm. color

JATUN SACH'A, 2000. Informe Final Estudio de mercado y Factibilidad Técnica Financiera para la Instalación de una Planta de ANNATO, Proyecto "Jatun Sach'a" Cochabamba-Bolivia. 290 p.

Lira, R. 1994. Fisiología Vegetal. Ed. TRILLAS, México D.F. México 232 p.

López, A. 2001. Informe final del proyecto “Asistencia Técnica y Capacitación en Sistemas Agroforestales tipo Multiestratos”. ALADI. Montevideo – Uruguay. 47 p.

Llanos, C. y Sánchez, M. 1985. Estado actual del cultivo de achiote y aspectos fitosanitarios en algunas regiones de Colombia. *In* Memorias II seminario de recursos vegetales promisorios. Universidad de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias Palmira. p. 98-104

M.D.S.P., COSUDE y INE. 1999. Atlas Estadístico de Municipios de Bolivia. Producción – Centro de Información para el Desarrollo (CID). Impreso en Bolivia. La Paz – Bolivia. p. 68 color

Medina, A. 1990. El biol fuente de fitoestimulantes en el desarrollo agrícola. Programas especiales de energías (UMSS-GTZ). Cochabamba, Bolivia. s.e. 80p.

Meyer, M. 1976. Culture of Paeonia embryos by invitro techniques Amer Pemy Bul. Editorial Mac millan. 217p.

Paredes, R. 1994. Elementos Para la Elaboración y Evaluación de Proyectos. Editorial Catacora. Impreso en Bolivia. La Paz, Bolivia. p. 157-170

Rojas, G. y Ramirez, H. 1993. Control hormonal del desarrollo de las Plantas. Editorial LIMUSA S.A. México D.F. México. 246 p.

Rodriguez del Angel, J. 1991. Métodos de Investigación Pecuaria. Editorial Trillas. México. 208 p.

Salinger, J. 1991. Producción Comercial de Flores. Editorial ACRIBIA S.A.: Zaragoza, España. p. 279-294

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología), 2006. Registros Meteorológicos, Estación Meteorológica de Sapecho, s.e. La Paz – Bolivia. s.p.

SEM/INTERINSTITUCIONAL, 1995. Actas Seminario Taller Inter.-Institucional Alternativas de Producción en la Selva Tropical Húmeda, La Paz – Bolivia. p. 8-12

Strasburguer, E. 1994. Tratado de Botánica. Editorial Omega. Barcelona-España, 1068 p.

Terranova. 1995. Enciclopedia Agropecuaria. 2º Edición Terranova editores. Bogota, Colombia. p. 254-255

Unzueta, O. 1985. Mapa Ecológico de Bolivia. Memoria explicativa. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. 110 p.

Van den Heede y M. Lecourt. 1981. El estaquillado guía técnica de multiplicación de las plantas. Ediciones Mundi Prensa. Madrid – España. p. 15-77

Weaver, R. 1996. Reguladores del crecimiento en las plantas en la Agricultura. 2da Edición Trillas. México D.F. – México. 622 p.

Yates, 1999. Folleto distribuidora Yates. Santiago de Chile, Chile. p. 1-2

ANEXOS

ANEXO 1. Prueba de eficiencia del diseño y varianza entre bloques (porcentaje de prendimiento)

$$\text{Eficiencia relativa DBA-DCA} = \frac{(4-1)*18,18200 + 4*(12-1)*3,33045}{(4*12-1)*3,33045}$$

$$\text{Eficiencia relativa DBA - DCA} = 1,285$$

ANEXO 2. Longitud de raíz

$$\text{Eficiencia relativa DBA-DCA} = \frac{(4-1)*1,05313 + 4*(12-1)*0,17721}{(4*12-1)*0,17721}$$

$$\text{Eficiencia relativa DBA - DCA} = 1,315$$

ANEXO 3. Número de raíces

$$\text{Eficiencia relativa DBA-DCA} = \frac{(4-1)*8,49 + 4*(12-1)*5,29}{(4*12-1)*5,29}$$

$$\text{Eficiencia relativa DBA - DCA} = 1,039$$

ANEXO 4. Prueba de eficiencia del DBA – DCA para los días a la brotación

$$\text{Eficiencia relativa DBA-DCA} = \frac{(4-1)*0,7986 + 4*(12-1)*0,52588}{(4*12-1)*0,52588}$$

$$\text{Eficiencia relativa DBA - DCA} = 1,03 \text{ (27 días)}$$

$$\text{Eficiencia relativa DBA-DCA} = \frac{(4-1)*0,05556 + 4*(12-1)*0,41919}{(4*12-1)*0,41919}$$

$$\text{Eficiencia relativa DBA - DCA} = 1,0 \text{ (38 días)}$$

$$\text{Eficiencia relativa DBA-DCA} = \frac{(4-1)*0,40972 + 4*(12-1)*0,37942}{(4*12-1)*0,37942}$$

$$\text{Eficiencia relativa DBA - DCA} = 1,01 \text{ (49 días)}$$

$$\text{Eficiencia relativa DBA-DCA} = \frac{(4-1)*0,27778 + 4*(12-1)*0,50505}{(4*12-1)*0,50505}$$

Eficiencia relativa DBA – DCA = 1,0 (60 días)

ANEXO 5. Prueba de eficiencia del DBA – DCA para la Altura de Brotes

$$\text{Eficiencia relativa DBA-DCA} = \frac{(4-1)*0,00656+4*(12-1)*0,06802}{(4*12-1)*0,06802}$$

Eficiencia relativa DBA – DCA = 1,0 (50 días)

$$\text{Eficiencia relativa DBA-DCA} = \frac{(4-1)*0,12267+4*(12-1)*0,06797}{(4*12-1)*0,06797}$$

Eficiencia relativa DBA – DCA = 1,05 (70 días)

$$\text{Eficiencia relativa DBA-DCA} = \frac{(4-1)*0,09812+4*(12-1)*0,07120}{(4*12-1)*0,07120}$$

Eficiencia relativa DBA – DCA = 1,02 (90 días)

$$\text{Eficiencia relativa DBA-DCA} = \frac{(4-1)*0,31136+4*(12-1)*0,11138}{(4*12-1)*0,11138}$$

Eficiencia relativa DBA – DCA = 1,11 (110 días)

$$\text{Eficiencia relativa DBA-DCA} = \frac{(4-1)*0,40509+4*(12-1)*0,09610}{(4*12-1)*0,09610}$$

Eficiencia relativa DBA – DCA = 1,20 (130 días)

$$\text{Eficiencia relativa DBA-DCA} = \frac{(4-1)*0,49300+4*(12-1)*0,15281}{(4*12-1)*0,15281}$$

Eficiencia relativa DBA – DCA = 1,14 (150 días)

ANEXO 6. Volumen Radicular

$$\text{Eficiencia relativa DBA-DCA} = \frac{(4-1)*0,08325+4*(12-1)*0,00894}{(4*12-1)*0,00894}$$

Eficiencia relativa DBA – DCA = 1,53

ANEXO 7. Análisis de varianza para los días a la brotación a los 27 días

FV	GL	SC	CM	¹ Fcal.	² Ftab.
Bloque	3	2,39583	0,79861	1,52 ns	2,89
Tipo de Estaca	2	591,79167	295,89583	562,66 **	3,29
Fitohormona	3	5,39583	1,79861	3,42 **	2,89
Tipo de Estaca x Fitohormona	6	3,04167	0,50694	0,96 ns	2,39
Error	3	17,35417	0,52588		
Total	47	619,97917			
CV = 20,84%					

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. ¹ Fcal = F calculado, ² Ftab = F tabulado

ANEXO 8. Análisis de varianza para los días a la brotación a los 38 días

FV	GL	SC	CM	¹ Fcal.	² Ftab.
Bloque	3	0,16667	0,05556	0,13 ns	2,89
Tipo de Estaca	2	187,12500	93,56250	223,20**	3,29
Fitohormona	3	2,83333	0,94444	2,22 ns	2,89
Tipo de Estaca x Fitohormona	6	3,04167	0,50694	1,21 ns	2,39
Error	3	13,83333	0,41919		
Total	47	207,00000			
CV = 19,9%					

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. ¹ Fcal = F calculado, ² Ftab = F tabulado

ANEXO 9. Análisis de varianza para los días a la brotación a los 49 días

FV	GL	SC	CM	¹ Fcal.	² Ftab.
Bloque	3	1,22917	0,40972	1,08 ns	2,89
Tipo de Estaca	2	19,50000	9,75000	25,70 **	3,29
Fitohormona	3	5,72917	1,90972	5,03 *	2,89
Tipo de Estaca x Fitohormona	6	4,33333	0,72222	1,90 ns	2,39
Error	3	12,52083	0,37942		
Total	47	43,31250			
CV = 16,15%					

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. ¹ Fcal = F calculado, ² Ftab = F tabulado

ANEXO 10. Análisis de varianza para los días a la brotación a los 60 días

FV	GL	SC	CM	¹ Fcal.	² Ftab.
Bloque	3	0,83333	0,27778	0,55 ns	2,89
Tipo de Estaca	2	164,29167	82,14583	162,65 **	3,29
Fitohormona	3	9,83333	3,27778	6,49 *	2,89
Tipo de Estaca x Fitohormona	6	5,04167	0,84028	1,56 ns	2,39
Error	3	16,66667	0,50505		
Total	47	196,66667			
CV = 12,54%					

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. ¹ Fcal = F calculado, ² Ftab = F tabulad

ANEXO 11. Análisis de varianza para la altura de brotes a los 50 días

FV	GL	SC	CM	¹ Fcal.	² Ftab.
Bloque	3	0,01967	0,00656	0,10 ns	2,89
Tipo de Estaca	2	8,65618	4,32809	63,62 **	3,29
Fitohormona	3	6,04530	2,01510	29,62 **	2,89
Tipo de Estaca x Fitohormona	6	1,30608	0,21768	3,20 *	2,39
Error	3	2,24485	0,06802		
Total	47	18,27209			
CV = 23,85%					

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. ¹ Fcal = F calculado, ² Ftab = F tabulad

ANEXO 12. Análisis de varianza para la altura de brotes a los 70 días

FV	GL	SC	CM	¹ Fcal.	² Ftab.
Bloque	3	0,36801	0,12267	1,80 ns	2,89
Tipo de Estaca	2	3,59964	1,79982	26,48 **	3,29
Fitohormona	3	2,97442	0,99147	14,59 **	2,89
Tipo de Estaca x Fitohormona	6	0,41404	0,06901	1,02 ns	2,39
Error	3	2,24297	0,06797		
Total	47	9,59908			
CV = 17,27%					

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. ¹ Fcal = F calculado, ² Ftab = F tabulad

ANEXO 13. Análisis de varianza para la altura de brotes a los 90 días

FV	GL	SC	CM	¹ Fcal.	² Ftab.
Bloque	3	0,29437	0,09812	1,38 ns	2,89
Tipo de Estaca	2	6,92100	3,46050	48,60 **	3,29
Fitohormona	3	12,56902	4,18967	58,84 **	2,89
Tipo de Estaca x Fitohormona	6	3,45014	0,57502	8,08 *	2,39
Error	3	2,34980	0,07120		
Total	47	25,58435			
CV = 11,44%					

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. ¹ Fcal = F calculado, ² Ftab = F tabulad

ANEXO 14. Análisis de varianza para la altura de brotes a los 110 días

FV	GL	SC	CM	¹ Fcal.	² Ftab.
Bloque	3	0,93407	0,31136	2,80 ns	2,89
Tipo de Estaca	2	14,66313	7,33156	65,82 **	3,29
Fitohormona	3	14,75969	4,91989	44,17 **	2,89
Tipo de Estaca x Fitohormona	6	5,26407	0,87734	7,88 *	2,39
Error	3	3,67562	0,11138		
Total	47	39,29659			
CV = 9,45%					

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. ¹ Fcal = F calculado, ² Ftab = F tabulad

ANEXO 15. Análisis de varianza para la altura de brotes a los 130 días

FV	GL	SC	CM	¹ Fcal.	² Ftab.
Bloque	3	1,21529	0,40509	4,22 *	2,89
Tipo de Estaca	2	53,81171	26,90585	279,96 **	3,29
Fitohormona	3	30,92234	10,30745	107,25 **	2,89
Tipo de Estaca x Fitohormona	6	7,99167	1,33194	13,86 **	2,39
Error	3	3,17151	0,09610		
Total	47	97,11252			
CV = 6,26%					

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. ¹ Fcal = F calculado, ² Ftab = F tabulad

ANEXO 16. Análisis de varianza para la altura de brotes a los 150 días

FV	GL	SC	CM	¹ Fcal.	² Ftab.
Bloque	3	1,47900	0,49300	3,23 *	2,89
Tipo de Estaca	2	85,63010	42,81505	280,17 **	3,29
Fitohormona	3	65,05341	21,68447	141,90 **	2,89
Tipo de Estaca x Fitohormona	6	9,04929	1,50821	9,87 *	2,39
Error	3	5,04295	0,15281		
Total	47	166,25470			
CV = 4,23%					

** Significativo al 0.05% de probabilidad; ns = No significativo. ¹ Fcal = F calculado, ² Ftab = F tabulad

**ANEXO 17. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio
para el tratamiento 1 (Estaca Apical + Roothor)**

1. EGRESOS

	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total Financiero (Bs.)
Insumos				
Insecticida	ml	0,950	0,210	0,200
Fungicida	Kg.	0,030	0,450	0,014
Fitohormona Rootone	g		1,760	0,000
Fitohormona Roothor	ml	0,830	1,042	0,865
Fitohormona Biozyme TF	ml		0,625	0,000
Estiércol	qq	0,167	1,250	0,209
Bolsas de polietileno	Unidad	8,000	0,100	0,800
Tubos Berman	Unidad	1,000	0,200	0,200
Formol	L	0,157	1,250	0,196
Plástico Cámara de Enraizamiento	m	1,000	0,333	0,333
Total				2,82

Costos de producción

Preparación del Terreno	Jornal	0,6700	2,5000	1,6750
Plantación y traslado	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Deshierbe	Jornal	0,1000	2,5000	0,2500
Control fitosanitario	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Riego	Jornal	0,5400	2,5000	1,3500
Total				3,69

TOTAL COSTO (EGRESOS)	6,51
------------------------------	-------------

2. INGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total (Bs.)
Venta de plantines	Unidad	12,00	2,00	24,00
Total				24,00

5. BENEFICIO NETO	17,49
--------------------------	--------------

6. BENEFICIO/COSTO (B/C)	2,69
---------------------------------	-------------

**ANEXO 18. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio
para el tratamiento 2 (Estaca Apical + Rootone)**

1. EGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total Financiero (Bs.)
Insumos				
Insecticida	ml	0,950	0,210	0,200
Fungicida	Kg.	0,030	0,450	0,014
Fitohormona Rootone	g	1,600	1,760	2,816
Fitohormona Roothor	ml		1,042	0,000
Fitohormona Biozyme TF	ml		0,625	0,000
Estiércol	qq	0,167	1,250	0,209
Bolsas de polietileno	Unidad	8,000	0,100	0,800
Tubos Berman	Unidad	1,000	0,200	0,200
Formol	L	0,157	1,250	0,196
Plástico Cámara de Enraizamiento	m	1,000	0,333	0,333
Total				4,77

Costos de producción				
Preparación del Terreno	Jornal	0,6700	2,5000	1,6750
Plantación y traslado	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Deshierbe	Jornal	0,1000	2,5000	0,2500
Control fitosanitario	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Riego	Jornal	0,5400	2,5000	1,3500
Total				3,69

TOTAL COSTO (EGRESOS)	8,46
------------------------------	-------------

2. INGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total (Bs.)
Venta de plantines	Unidad	15,00	2,00	30,00
Total				30,00

5. BENEFICIO NETO	21,54
--------------------------	--------------

6. BENEFICIO / COSTO (B/C)	2,55
-----------------------------------	-------------

**ANEXO 19. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio
para el tratamiento 3 (Estaca Apical + Biozyme TF*)**

1. EGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total Financiero (Bs.)
Insumos				
Insecticida	ml	0,950	0,210	0,200
Fungicida	Kg.	0,030	0,450	0,014
Fitohormona Rootone	g		1,760	0,000
Fitohormona Roothor	ml		1,042	0,000
Fitohormona Biozyme TF	ml	7,500	0,625	4,688
Estiércol	qq	0,167	1,250	0,209
Bolsas de polietileno	Unidad	8,000	0,100	0,800
Tubos Berman	Unidad	1,000	0,200	0,200
Formol	L	0,157	1,250	0,196
Plástico Cámara de Enraizamiento	m	1,000	0,333	0,333
Total				6,64

Costos de producción

Preparación del Terreno	Jornal	0,6700	2,5000	1,6750
Plantación y traslado	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Deshierbe	Jornal	0,1000	2,5000	0,2500
Control fitosanitario	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Riego	Jornal	0,5400	2,5000	1,3500
Total				3,69

TOTAL COSTO (EGRESOS)	10,33
------------------------------	--------------

2. INGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total (Bs.)
Venta de plantines	Unidad	10,00	2,00	20,00
Total				20,00

5. BENEFICIO NETO	9,67
--------------------------	-------------

6. BENEFICIO / COSTO (B/C)	0,94
-----------------------------------	-------------

**ANEXO 20. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio
para el tratamiento 4 (Estaca Apical + Sin tratamiento)**

1. EGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total Financiero (Bs.)
Insumos				
Insecticida	ml	0,950	0,210	0,200
Fungicida	Kg.	0,030	0,450	0,014
Fitohormona Rootone	g		1,760	0,000
Fitohormona Roothor	ml		1,042	0,000
Fitohormona Biozyme TF	ml		0,625	0,000
Estiércol	qq	0,167	1,250	0,209
Bolsas de polietileno	Unidad	8,000	0,100	0,800
Tubos Berman	Unidad	1,000	0,200	0,200
Formol	L	0,157	1,250	0,196
Plástico Cámara de Enraizamiento	m	1,000	0,333	0,333
Total				1,95

Costos de producción				
Preparación del Terreno	Jornal	0,6700	2,5000	1,6750
Plantación y traslado	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Deshierbe	Jornal	0,1000	2,5000	0,2500
Control fitosanitario	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Riego	Jornal	0,5400	2,5000	1,3500
Total				3,69

TOTAL COSTO (EGRESOS)	5,64
------------------------------	-------------

2. INGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total (Bs.)
Venta de plantines	Unidad	8,00	2,00	16,00
Total				16,00

5. BENEFICIO NETO	10,36
--------------------------	--------------

6. BENEFICIO / COSTO (B/C)	1,84
-----------------------------------	-------------

**ANEXO 21. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio
para el tratamiento 5 (Estaca Intermedio + Roothor)**

1. EGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total Financiero (Bs.)
Insumos				
Insecticida	ml	0,950	0,210	0,200
Fungicida	Kg.	0,030	0,450	0,014
Fitohormona Rootone	g		1,760	0,000
Fitohormona Roothor	ml	0,830	1,042	0,865
Fitohormona Biozyme TF	ml		0,625	0,000
Estiércol	qq	0,167	1,250	0,209
Bolsas de polietileno	Unidad	8,000	0,100	0,800
Tubos Berman	Unidad	1,000	0,200	0,200
Formol	L	0,157	1,250	0,196
Plástico Cámara de Enraizamiento	m	1,000	0,333	0,333
Total				2,82

Costos de producción				
Preparación del Terreno	Jornal	0,6700	2,5000	1,6750
Plantación y traslado	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Deshierbe	Jornal	0,1000	2,5000	0,2500
Control fitosanitario	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Riego	Jornal	0,5400	2,5000	1,3500
Total				3,69

TOTAL COSTO (EGRESOS)	6,51
------------------------------	-------------

2. INGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total (Bs.)
Venta de plantines	Unidad	24,00	2,00	48,00
Total				48,00

5. BENEFICIO NETO	41,49
--------------------------	--------------

6. BENEFICIO / COSTO (B/C)	6,38
-----------------------------------	-------------

**ANEXO 22. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio
para el tratamiento 6 (Estaca Intermedio + Rootone)**

1. EGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total Financiero (Bs.)
Insumos				
Insecticida	ml	0,950	0,210	0,200
Fungicida	Kg.	0,030	0,450	0,014
Fitohormona Rootone	g	1,600	1,760	2,816
Fitohormona Roothor	ml		1,042	0,000
Fitohormona Biozyme TF	ml		0,625	0,000
Estiércol	qq	0,167	1,250	0,209
Bolsas de polietileno	Unidad	8,000	0,100	0,800
Tubos Berman	Unidad	1,000	0,200	0,200
Formol	L	0,157	1,250	0,196
Plástico Cámara de Enraizamiento	m	1,000	0,333	0,333
Total				4,77

Costos de producción				
Preparación del Terreno	Jornal	0,6700	2,5000	1,6750
Plantación y traslado	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Deshierbe	Jornal	0,1000	2,5000	0,2500
Control fitosanitario	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Riego	Jornal	0,5400	2,5000	1,3500
Total				3,69

TOTAL COSTO (EGRESOS)	8,46
------------------------------	-------------

2. INGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total (Bs.)
Venta de plantines	Unidad	26,00	2,00	52,00
Total				52,00

5. BENEFICIO NETO	43,54
--------------------------	--------------

6. BENEFICIO / COSTO (B/C)	5,15
-----------------------------------	-------------

**ANEXO 23. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio
para el tratamiento 7 (Estaca Intermedio + Biozyme TF*)**

1. EGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total Financiero (Bs.)
Insumos				
Insecticida	ml	0,950	0,210	0,200
Fungicida	Kg.	0,030	0,450	0,014
Fitohormona Rootone	g		1,760	0,000
Fitohormona Roothor	ml		1,042	0,000
Fitohormona Biozyme TF	ml	7,500	0,625	4,688
Estiércol	qq	0,167	1,250	0,209
Bolsas de polietileno	Unidad	8,000	0,100	0,800
Tubos Berman	Unidad	1,000	0,200	0,200
Formol	L	0,157	1,250	0,196
Plástico Cámara de Enraizamiento	m	1,000	0,333	0,333
Total				6,64

Costos de producción				
Preparación del Terreno	Jornal	0,6700	2,5000	1,6750
Plantación y traslado	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Deshierbe	Jornal	0,1000	2,5000	0,2500
Control fitosanitario	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Riego	Jornal	0,5400	2,5000	1,3500
Total				3,69

TOTAL COSTO (EGRESOS)	10,33
------------------------------	--------------

2. INGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total (Bs.)
Venta de plantines	Unidad	19,00	2,00	38,00
Total				38,00

5. BENEFICIO NETO	27,67
--------------------------	--------------

6. BENEFICIO / COSTO (B/C)	2,68
-----------------------------------	-------------

**ANEXO 24. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio
para el tratamiento 8 (Estaca Intermedio + Sin Tratamiento)**

1. EGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total Financiero (Bs.)
Insumos				
Insecticida	ml	0,950	0,210	0,200
Fungicida	Kg.	0,030	0,450	0,014
Fitohormona Rootone	g		1,760	0,000
Fitohormona Roothor	ml		1,042	0,000
Fitohormona Biozyme TF	ml		0,625	0,000
Estiércol	qq	0,167	1,250	0,209
Bolsas de polietileno	Unidad	8,000	0,100	0,800
Tubos Berman	Unidad	1,000	0,200	0,200
Formol	L	0,157	1,250	0,196
Plástico Cámara de Enraizamiento	m	1,000	0,333	0,333
Total				1,95

Costos de producción				
Preparación del Terreno	Jornal	0,6700	2,5000	1,6750
Plantación y traslado	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Deshierbe	Jornal	0,1000	2,5000	0,2500
Control fitosanitario	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Riego	Jornal	0,5400	2,5000	1,3500
Total				3,69

TOTAL COSTO (EGRESOS)	5,64
------------------------------	-------------

2. INGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Total (Bs)
Venta de plantines	Unidad	16,00	2,00	32,00
Total				32,00

5. BENEFICIO NETO	26,36
--------------------------	--------------

6. BENEFICIO / COSTO (B/C)	4,67
-----------------------------------	-------------

**ANEXO 25. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio
para el tratamiento 9 (Estaca Basal + Roothor)**

1. EGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Total Financiero (Bs)
Insumos				
Insecticida	ml	0,950	0,210	0,200
Fungicida	kg	0,030	0,450	0,014
Fitohormona Rootone	g		1,760	0,000
Fitohormona Roothor	ml	0,830	1,042	0,865
Fitohormona Biozyme TF	ml		0,625	0,000
Estiércol	qq	0,167	1,250	0,209
Bolsas de polietileno	Unidad	8,000	0,100	0,800
Tubos Berman	Unidad	1,000	0,200	0,200
Formol	L	0,157	1,250	0,196
Plástico Cámara de Enraizamiento	m	1,000	0,333	0,333
Total				2,82

Costos de producción				
Preparación del Terreno	Jornal	0,6700	2,5000	1,6750
Plantación y traslado	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Deshierbe	Jornal	0,1000	2,5000	0,2500
Control fitosanitario	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Riego	Jornal	0,5400	2,5000	1,3500
Total				3,69

TOTAL COSTO (EGRESOS)	6,51
------------------------------	-------------

2. INGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Total (Bs)
Venta de plantines	Unidad	20,00	2,00	40,00
Total				40,00

5. BENEFICIO NETO	33,49
--------------------------	--------------

6. BENEFICIO / COSTO (B/C)	5,15
-----------------------------------	-------------

**ANEXO 26. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio
para el tratamiento 10 (Estaca Basal + Rootone)**

1. EGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Total Financiero (Bs)
Insumos				
Insecticida	ml	0,950	0,210	0,200
Fungicida	kg	0,030	0,450	0,014
Fitohormona Rootone	g	1,600	1,760	2,816
Fitohormona Roothor	ml		1,042	0,000
Fitohormona Biozyme TF	ml		0,625	0,000
Estiércol	qq	0,167	1,250	0,209
Bolsas de polietileno	Unidad	8,000	0,100	0,800
Tubos Berman	Unidad	1,000	0,200	0,200
Formol	L	0,157	1,250	0,196
Plástico Cámara de Enraizamiento	m	1,000	0,333	0,333
Total				4,77

Costos de producción				
Preparación del Terreno	Jornal	0,6700	2,5000	1,6750
Plantación y traslado	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Deshierbe	Jornal	0,1000	2,5000	0,2500
Control fitosanitario	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Riego	Jornal	0,5400	2,5000	1,3500
Total				3,69

TOTAL COSTO (EGRESOS)	8,46
------------------------------	-------------

2. INGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Total (Bs)
Venta de plantines	Unidad	24,00	2,00	48,00
Total				48,00

5. BENEFICIO NETO	39,54
--------------------------	--------------

6. BENEFICIO / COSTO (B/C)	4,68
-----------------------------------	-------------

**ANEXO 27. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio
para el tratamiento 11 (Estaca Basal + Biozyme TF*)**

1. EGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Total Financiero (Bs)
Insumos				
Insecticida	ml	0,950	0,210	0,200
Fungicida	kg	0,030	0,450	0,014
Fitohormona Rootone	g		1,760	0,000
Fitohormona Roothor	ml		1,042	0,000
Fitohormona Biozyme TF	ml	7,500	0,625	4,688
Estiércol	qq	0,167	1,250	0,209
Bolsas de polietileno	Unidad	8,000	0,100	0,800
Tubos Berman	Unidad	1,000	0,200	0,200
Formol	L	0,157	1,250	0,196
Plástico Cámara de Enraizamiento	m	1,000	0,333	0,333
Total				6,64

Costos de producción				
Preparación del Terreno	Jornal	0,6700	2,5000	1,6750
Plantación y traslado	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Deshierbe	Jornal	0,1000	2,5000	0,2500
Control fitosanitario	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Riego	Jornal	0,5400	2,5000	1,3500
Total				3,69

TOTAL COSTO (EGRESOS)	10,33
------------------------------	--------------

2. INGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Total (Bs)
Venta de plantines	Unidad	17,00	2,00	34,00
Total				34,00

5. BENEFICIO NETO	23,67
--------------------------	--------------

6. BENEFICIO / COSTO (B/C)	2,29
-----------------------------------	-------------

**ANEXO 28. Análisis de presupuesto parcial y relación costo beneficio
para el tratamiento 12 (Estaca Basal + Sin Tratamiento)**

1. EGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Total Financiero (Bs)
Insumos				
Insecticida	ml	0,950	0,210	0,200
Fungicida	kg	0,030	0,450	0,014
Fitohormona Rootone	g		1,760	0,000
Fitohormona Roothor	ml		1,042	0,000
Fitohormona Biozyme TF	ml		0,625	0,000
Estiércol	qq	0,167	1,250	0,209
Bolsas de polietileno	Unidad	8,000	0,100	0,800
Tubos Berman	Unidad	1,000	0,200	0,200
Formol	L	0,157	1,250	0,196
Plástico Cámara de Enraizamiento	m	1,000	0,333	0,333
Total				1,95

Costos de producción				
Preparación del Terreno	Jornal	0,6700	2,5000	1,6750
Plantación y traslado	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Deshierbe	Jornal	0,1000	2,5000	0,2500
Control fitosanitario	Jornal	0,0830	2,5000	0,2075
Riego	Jornal	0,5400	2,5000	1,3500
Total				3,69

TOTAL COSTO (EGRESOS)	5,64
------------------------------	-------------

2. INGRESOS

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Total (Bs)
Venta de plantines	Unidad	16,00	2,00	32,00
Total				32,00

5. BENEFICIO NETO	26,36
--------------------------	--------------

6. BENEFICIO / COSTO (B/C)	4,67
-----------------------------------	-------------

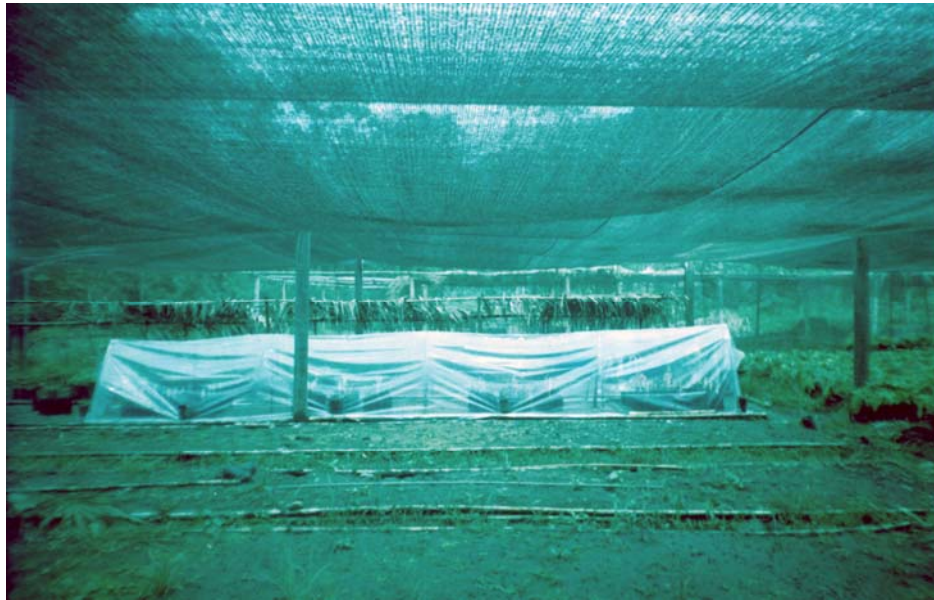
ANEXO 29. Bolsas con sustratos en las platabandas



ANEXO 30. Distribución en las macetas de acuerdo al diseño de las estacas sumergidas en las soluciones preparadas (enraizadores)



ANEXO 31. Infraestructura del vivero y cámara de enraizamiento (propagadores)



ANEXO 32. Distribución de las estacas en los propagadores (cámaras de enraizamiento)



ANEXO 33. Inicio de Brotes en estacas Intermedias tratadas con Rootone a los 35 días después del plantado



ANEXO 34. Estaca de Achiote enraizadas tomadas a los 150 días después del plantado

