

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

EVALUACIÓN DE ENRAIZADORES EN LA PRODUCCIÓN DE ALMÁCIGO DE CAFÉ
TESIS DE GRADO

MARCO TULIO MARTINEZ HERNÁNDEZ
CARNET 21506-06

JUTIAPA, FEBRERO DE 2016
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

EVALUACIÓN DE ENRAIZADORES EN LA PRODUCCIÓN DE ALMÁCIGO DE CAFÉ
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
MARCO TULIO MARTINEZ HERNÁNDEZ

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

JUTIAPA, FEBRERO DE 2016
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE
INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. JOSUÉ JONATHAN GIRÓN TORRES

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA
ING. LUIS FELIPE CALDERON BRAN
ING. LUIS ROBERTO AGUIRRE RUANO

Guatemala 6 de Enero del 2016

Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Marco Tulio Martínez Hernández, carné 21506-06, Titulada: "Evaluación de cinco enraizadores sobre la calidad de planta de café (*Coffea arabica* L. Rubiáceas) bajo condiciones de almacigo, en Barberena, Santa Rosa.

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,


Ing. José Jonathan Girón Torres
Colegiado No. 5731
Cod. URL 25049



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06426-2016

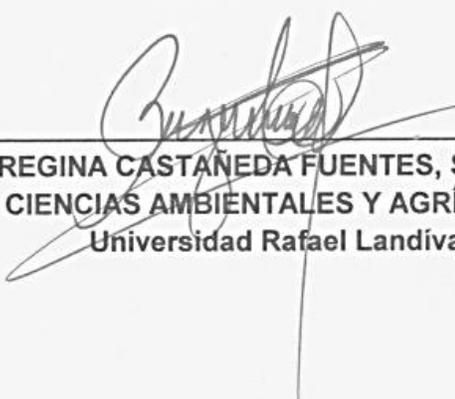
Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante MARCO TULIO MARTINEZ HERNÁNDEZ, Carnet 21506-06 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS, de la Sede de Jutiapa, que consta en el Acta No. 067-2016 de fecha 27 de enero de 2016, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE ENRAIZADORES EN LA PRODUCCIÓN DE ALMÁCIGO DE CAFÉ

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 23 días del mes de febrero del año 2016.



ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



GRADECIMIENTOS

A:

Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de superarme.

La Universidad Rafael Landivar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

Ing. Josue Jonathan Giron Torres, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Asociación Nacional del Café ANACAFE por brindarme el apoyo necesario para desarrollar la presente investigación.

Todas las personas que estuvieron presentes a lo largo del camino que me tocó recorrer y culminar en estos momentos.

DEDICATORIA

A:

Dios: Que siempre me da su infinito amor, fortaleza para superar las diferentes etapas de la vida y me bendice con las personas que me rodean.

Mis padres: Marco Tulio Martinez Orellana y Luby Candelaria Hernandez López de Martinez a quienes quiero mucho, por su inmenso amor, por su tiempo, comprensión, sus consejos oportunos y por su ejemplo a seguir.

Mi hermano: Jorge Mario Martinez Hernandez por estar siempre a mi lado brindándome apoyo incondicional.

Mi esposa: Evelyn Azucely Ávila García por su paciencia, comprensión y amor.

Mi familia: Tíos y primos que de una y otra forma han contribuido en mi formación.

Mis Amigos: Por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral, con mucho aprecio.

INDICE GENERAL

	Pagina
RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	ii
I. INTRODUCCION.....	1
II MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 FISILOGIA DE LA RAÍZ.....	3
2.1.1 Actividad metabólica.....	3
2.1.2 Crecimiento.....	3
2.1.3 Balance hormonal.....	4
2.1.4 Bombeo electrogénico.....	4
2.1.5 Dinámica radicular.....	4
2.2 FUNCIÓN DE LA RAÍZ.....	5
2.2.1 Absorción de agua y minerales por la raíz.....	6
2.3 EL FOSFORO EN EL DESARROLLO DE LAS RAÍCES.....	6
2.4 HORMONAS VEGETALES.....	8
2.5 MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE CAFÉ.....	10
2.5.1 Sistema radicular.....	10
2.5.2 Tallo.....	11
2.5.3 Ramas.....	11
2.5.4 Hoja.....	12
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	13
3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	15
IV. OBJETIVOS.....	16
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	16
V. HIPÓTESIS.....	17
5.1 Hipótesis Alternativa.....	17
VI. METODOLOGÍA.....	18
6.1 Localización.....	18

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	18
6.3 Factores a estudiar	20
6.4 Descripción de los tratamientos	20
6.5 Diseño Experimental	21
6.6 Modelo estadístico	22
6.7 Unidad experimental	22
6.8 Croquis.....	23
6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO	24
6.9.1 Etapa de campo	24
6.10 Variables de respuesta	25
6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	26
6.11.1 Análisis estadístico	26
6.11.2 Comparación de costos.....	26
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
7.1 Peso fresco de raíz (g).....	27
7.2 Peso seco de raíz (g).....	28
7.3 Peso fresco foliar (g).....	30
7.4 Peso seco foliar (g).....	31
7.5 Número de cruces por planta.....	32
7.6 Diámetro de fuste o tallo (mm).....	34
7.7 Altura de la planta (cm).....	36
7.8 Costos de aplicación.....	38
VIII. CONCLUSIONES.....	39
IX. RECOMENDACIONES	40
X. BIBLIOGRAFIA	41
XI. ANEXOS	44

INDICE DE CUADROS

	Pagina
Cuadro. 1 Descripción de tratamientos, dosis y frecuencias de aplicación.	20
Cuadro. 2 Análisis de varianza para la variable peso fresco de la raíz en (g).	27
Cuadro. 3 Análisis de varianza para la variable peso seco de raíz en (g)	28
Cuadro. 4 Análisis de varianza para la variable peso fresco foliar en (g).	30
Cuadro. 5 Análisis de varianza para la variable peso seco foliar en (g).	31
Cuadro. 6 Análisis de varianza para la variable número de cruces por planta.	32
Cuadro. 7 Agrupación según prueba múltiple de medias Tukey al 5% de significancia para el número de cruces por planta	33
Cuadro. 8 Diametro de tallo (mm).	34
Cuadro. 9 Agrupación según prueba múltiple de medias Tukey al 1% de significancia para el diámetro de fuste y tallo por planta en (mm).	35
Cuadro. 10 Análisis de varianza para la variable altura de la planta en (cm).	36
Cuadro. 11 Análisis para la variable control de costos de aplicación.	38

INDICE DE FIGURAS

	Pagina
Figura. 1 Ubicación de finca las Flores, Barberena, Santa Rosa.	18
Figura. 2 Diagrama de la unidad experimental.	22
Figura. 3 Arreglo experimental.	23
Figura. 4 Peso fresco de la raíz en (g).....	28
Figura. 5 Variable peso seco de raíz (g).....	29
Figura. 6 Variable peso fresco foliar (g).....	30
Figura. 7 Variable peso seco foliar.	32
Figura. 8 Variable número de cruces por planta.	34
Figura. 9 Variable diámetro de fuste o tallo (mm).	36
Figura. 10 Variable altura de planta (cm).....	37
Figura. 11 Crecimiento radicular de los tratamientos evaluados.	46

EVALUACION DE ENRAIZADORES EN LA PRODUCCION DE ALMACIGO DE CAFÉ

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar cinco enraizadores sobre la calidad de planta de café (*Coffea arabica* L. Rubiácea) en almacigo. Los productos evaluados fueron: Raizal 400, Cosmoroot, Enerroot, Raicel, Razormin y un testigo. La investigación se realizó en las instalaciones de la finca Las Flores Barberena, Santa Rosa. El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar, con seis tratamientos y cinco repeticiones. Las variables de respuesta fueron: peso fresco de raíz en gramos, peso seco de raíz en gramos, número de cruces por planta, altura de plantas en centímetros, diámetro de fuste o tallo en milímetros. Los resultados obtenidos mostraron que la aplicación de enraizadores como raizal 400 mejora el desarrollo de la raíz en peso fresco y seco, esto correlacionado con los parámetros peso fresco y peso seco foliar en los cuales también obtuvo la media más alta. La aplicación de razormin mostró que incrementa el número de cruces por planta, diámetro de fuste o tallo así como la altura de la planta. La aplicación de enraizadores resulta una alternativa técnica y económica viable para la producción de plantas de café en condiciones de almacigo.

EVALUATION OF ROOT GROWTH PROMOTERS IN THE PRODUCTION OF COFFEE SEEDLINGS

SUMMARY

The objective of this research study was to evaluate five root growth promoters on the quality of coffee (*Coffea arabica* L. Rubiácea) seedlings. The evaluated products were: Raizal 400, Cosmoroot, Enerroot, Raicel, Razormin, and a check. The research was carried out in the facilities of Las Flores farm, Barberena, Santa Rosa. A randomized block design with six treatments and five replicates was used. The response variables were: root fresh weight in grams, root dry weight in grams, number of crossings per plant, plant height in centimeters, and stem diameter in millimeters. The results obtained showed that the application of root growth promoter like Raizal 400 improves the root development in fresh and dry weight, this correlates with the fresh and dry leaf weight parameters in which it obtained the highest average. The application of Razormin increased the number of crossings per plant, stem diameter and plant height. The application of root growth promoters is a viable technical and economic alternative for the production of coffee plants under seedling conditions.

I. INTRODUCCION

La producción de Café en Guatemala se mantiene en un promedio de 256,578,652 kg oro, la región IV (Santa Rosa, Jalapa y Jutiapa) tiene una área cultivada de 63,143 hectáreas con una producción de 69,127,357 kg en los tres departamentos, desglosados de la siguiente manera, Santa Rosa tiene 46,637 ha cultivadas con café, con una cosecha de 50,113,266 kg Jalapa con una extensión de 9,313 ha y una producción de 10,954,909 kg y por ultimo Jutiapa con una extensión cultivada de café de 7,192 ha y una producción de 8,059,181 kg, esto nos muestra que de la región IV, el departamento que más producción de café tiene es Santa Rosa (ANACAFE, 2011).

La exportación de Café de Guatemala se realiza en oro, en sacos de 60 kilos, a continuación se presenta información de monto de divisas en las últimas dos cosechas, 2007/2008 y 2008/2009, del 1 de Octubre al 30 de Septiembre:

En la cosecha 2007/2008 se exportaron 226,486,500 kg oro, equivalente a 3,774,775 sacos de 60 kilos c/u y dejó un ingreso de divisas en dólares de 655,878,072 y en la cosecha 2008/2009 las exportaciones fueron de la siguiente manera, se exportaron 204,815,863 kg oro en 3,413,597 sacos de 60 kilos que representó un ingreso de divisas en dólares de 561,594,435 Departamento de comercialización (Martínez, 2010).

La caficultura continúa siendo una alternativa de desarrollo en el sector agropecuario de Guatemala sin embargo, enfrenta actualmente, diversos problemas considerando uno de los más importantes el obtener plantas con un buen sistema radicular ya que la mayoría de las plantas presentan deficiencia al momento de la siembra en campo definitivo.

La función de la raíz es de suma importancia para el cultivo del cafeto, para su desarrollo, larga vida y fructificación. De la buena formación del sistema radicular y especialmente

de la raíz central, principal o pivotante, como se le conoce en el cultivo, depende en gran parte lograr el buen desarrollo de los tallos, ramas y frutos del cafeto (Matheu, 1975).

Las fitohormonas son compuestos químicos que regulan el crecimiento de una planta, encontrándose dentro de las más importantes el ácido abscísico (ABA), auxinas, etileno, giberelina y citoquinina, aunque hay muchas otras sustancias que sirven para regular la fisiología vegetal (Rodríguez, 1984).

El objeto de la investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de cinco enraizadores sobre la calidad del sistema radicular de plantas a nivel de almacigo, la cual se realizó en finca Las Flores del municipio de Barberena, departamento de Santa Rosa.

II MARCO TEÓRICO

2.1 FISILOGÍA DE LA RAÍZ

2.1.1 Actividad metabólica

Para que los iones se acumulen en contra de gradientes de concentración es necesario el gasto de energía ya sea directa o indirectamente. La principal fuente de energía en tejidos fotosintéticos y no fotosintéticos es la respiración, consecuentemente cualquier factor que la afecte puede influir también la absorción de nutrientes (Álvarez, 2009).

2.1.2 Crecimiento

El crecimiento de la raíz es importante para interceptar los nutrientes y depende del aporte de carbohidratos y del estímulo causado por los niveles endógenos de fitohormonas. Dependiendo de la especie y del estado de desarrollo de las plantas en promedio del 25-50% de los fotosintatos producidos por día en la parte aérea de la planta se conducen hacia la raíz para el crecimiento y mantenimiento entre otras funciones por ejemplo la toma de nutrientes. Aproximadamente la mitad de estos carbohidratos son usados en la respiración (Álvarez, 2009).

La elaboración de un almacigo de buena calidad es el primer paso para obtener plantaciones productivas de café, el laboratorio de protección vegetal de ANACAFE realizó una caracterización de 64 muestras de almácigos de café procedentes de todas las regiones del país, de los cuales en la mayoría se encontraron problemas de raíz y deficiencias nutricionales. Con base en esta información se ha determinado que el problema de raíz es uno de los más marcados a nivel nacional, causa atrasos en las plantaciones debido al mal desarrollo de las plantas en campo definitivo (Figueroa; García; Peñate, 2010).

Un indicador de la calidad de una buena planta de almacigo, es la relación proporcional entre el área foliar y el área radicular. Existen algunos almácigos tratados con altas

dosis de fertilizantes foliares, los cuales tienen un buen follaje pero deficiente desarrollo radicular.

2.1.3 Balance hormonal

Las auxinas juegan un importante rol en la regulación del crecimiento y desarrollo, éstas son formadas en los brotes y se mueven hacia las puntas de las raíces donde se acumulan. Las raíces son altamente sensitivas al ácido indolacético (AIA); concentraciones a la 10^{-9} M incrementan la extensión celular. Los sitios receptores para el AIA son las células apicales de la raíz (Álvarez, 2009).

2.1.4 Bombeo electrogénico

El ingreso de los nutrientes al interior de las células de la raíz, se origina por un proceso llamado bombeo electrogénico el cual utiliza la energía proveniente de la respiración en forma de ATP para generar un desequilibrio de cargas y de pH donde los iones hidrógeno H^+ provenientes de los ácidos carboxílicos en la raíz juegan un papel importante (Álvarez, 2009).

2.1.5 Dinámica radicular

Se describe como la evolución de los procesos fisiológicos, metabólicos y morfológicos del conjunto de raíces de un cultivo, su interrelación con los demás órganos de la planta y con el medio ambiente a través del desarrollo fenológico de una especie vegetal (Álvarez, 2009).

Siendo la raíz dependiente de los fotosintatos que son translocados a partir de la parte aérea, consecuentemente no se puede ver como un ente separado, sino que tiene que verse en una relación dinámica con la parte aérea. Así como también no se puede aislar

de los demás elementos de la rizosfera, como puede ser la microbiología, las características del suelo y las condiciones de humedad, temperatura y demás. De modo que estos factores no son estáticos y dependen de la etapa fenológica de la planta, lo que lo convierte en un fenómeno dinámico, llamado actualmente dinámica radicular (Álvarez, 2009).

2.2 FUNCIÓN DE LA RAÍZ

La función de la raíz es de suma importancia para el cultivo del cafeto, para su desarrollo, larga vida y fructificación. De la buena formación del sistema radicular y especialmente de la raíz central, principal o pivotante, como se le conoce en el cultivo, depende en gran parte lograr el buen desarrollo de los tallos, ramas y frutos del cafeto (Matheu, 1975).

La raíz está compuesta de la pivotante o principal, secundarias y terciarias, cuaternarias y pelos absorbentes, siendo estos últimos los encargados de absorber de la tierra la humedad y materias fertilizantes, que transmitida por el sistema radicular, nutre y alimenta a la planta, la que también se ayuda con sus recursos logrados mediante la transpiración por medio de sus hojas (Matheu, 1975).

Muchos agricultores no le dan a la raíz pivotante la importancia que tiene y desempeña en el crecimiento y fructificación de cafeto. Esta raíz que viene desde el cuello vital de la planta; se va desarrollando y penetrando en forma vertical en el suelo primero y luego en el sub-suelo, de donde se desprenden las raíces laterales, secundarias, terciarias y cuaternarias, así como los pelos absorbentes, las que en su mayor parte hacen su desarrollo en forma horizontal; con ligera inclinación hacia el sub-suelo, pero que de su buen estado sanitario y buen desarrollo depende, gran parte, la vida larga y buena producción de la planta (Matheu, 1975).

El sistema radicular del cafeto es uno superficial, ya que se ha constatado que alrededor del 80-90% de las raíces se encuentran en el primer pie de profundidad en el suelo. Las raíces laterales pueden extenderse hasta un metro alejadas del tronco.

Generalmente la longitud de las raíces coincide con el largo de las ramas (ANACAFE, 1998).

La elaboración de un almácigo de buena calidad es el primer paso para obtener plantaciones productivas de café, el laboratorio de protección vegetal de la Asociación Nacional Del Café (ANACAFE) realizó una caracterización de 64 muestras de almácigos de café procedentes de todas las regiones del país, de los cuales en la mayoría se encontraron problemas de raíz y deficiencias nutricionales. En base a esta información se ha determinado que el problema de raíz es uno de los más marcados a nivel nacional, causa atrasos en las plantaciones debido al mal desarrollo de las plantas en campo definitivo (Figuerola, García y Peñate 2010).

2.2.1 Absorción de agua y minerales por la raíz

Los animales poseen un sistema circulatorio que transporta fluidos, productos químicos y nutrientes dentro de su cuerpo. Las plantas vasculares tienen un sistema análogo: el sistema vascular. El agua y los minerales son incorporados por las raíces. El extremo de cada raíz presenta varias zonas: el ápice donde se encuentra el meristema apical radicular, responsable del crecimiento en longitud de la misma, se halla cubierto por una caliptra que lo protege de las partículas del suelo. Los pelos de las raíces son extensiones unicelulares de las células epidérmicas que poseen una pared muy fina. Esto aumenta el área de la superficie y permite una absorción más eficiente del agua y los minerales (Álvarez, 2009).

2.3 EL FOSFORO EN EL DESARROLLO DE LAS RAÍCES

En otras palabras, las plantas no son máquinas que requieran energía calorífica generada por algún tipo de combustión, sino que son seres vivos capaces de "generar" su propia energía a partir del CO₂ de la atmósfera y el flujo de electrones provenientes de la luz solar; entonces, por medio de reacciones enzimáticas forman el ATP o trifosfato de adenosina, que es un compuesto rico en energía biológicamente útil. Este

compuesto contiene P en su estructura molecular. El ATP es la "moneda de energía" de la célula en el metabolismo celular. Todas las reacciones que necesitan energía utilizan ATP. Por ejemplo, la síntesis (formación) de las proteínas, grasas, carbohidratos (azúcares) y otras moléculas complejas que forman parte de las plantas consumidas por los seres humanos y los animales, utilizan ATP (Inpofos, 2006).

En el desarrollo inicial de las plantas, después de la germinación uno de los lugares donde existe mayor actividad metabólica es precisamente en las raíces. Justamente detrás de las puntas, donde se lleva a cabo el mayor pasó de minerales del suelo al interior de la planta. Además, aquí ocurre la mayor actividad respiratoria de las plantas vivas en esta etapa. En realidad el crecimiento de las raíces viene de la traslación (descenso) de los carbohidratos fabricados en las hojas. Entonces, la presencia del P disponible en el suelo es vital para la formación de células nuevas. El ATP + los carbohidratos generados durante la fotosíntesis son indispensables para que se formen células nuevas mediante el proceso de mitosis, el cual requiere de mucho ATP. Es durante estos momentos que la energía almacenada en los enlaces del ATP es indispensable para abastecer las necesidades metabólicas en esas zonas de tan rápido crecimiento, las raíces nuevas. Dicho en otras palabras, si no existe una buena cantidad de P en el suelo, en forma suficiente y disponible para nutrir a los vegetales en las primeras fases de desarrollo, la producción de energía para formar células nuevas y azúcares estará limitada. Por lo tanto la parte de las plantas que está más activa en esos momentos (raíces), estará también muy limitada (Inpofos, 2006).

Además, está comprobado por numerosas investigaciones que un buen suministro de P está asociado con el incremento de la tasa de crecimiento de las raíces. Cuando se aplican compuestos fosfatados solubles en banda al suelo, las raíces de las plantas se extienden proliferando su desarrollo en las áreas del suelo tratado. De ahí viene la gran prioridad de considerar los niveles de este elemento en el suelo antes o durante la siembra. En términos prácticos, debido a que el P es un elemento con poco movimiento en el perfil del suelo, se requiere dosificar en una sola aplicación que quede cerca de lo

que serán las raíces del cultivo, para que se facilite su aprovechamiento (Inpofos, 2006).

2.4 HORMONAS VEGETALES

El desarrollo del individuo vegetal o animal incluye dos procesos. Un aumento de tamaño o masa, llamado crecimiento, que podemos medir en centímetros o gramos, y un cambio interno, un hacerse viejo llamado diferenciación o maduración, que no sabemos medir con precisión. En el desarrollo toman parte factores químicos llamados hormonas que influyen tanto en el crecimiento como en la diferenciación. En los vegetales las hormonas pertenecen a tres grandes grupos. Auxinas, giberelinas y citocinas (Rodríguez, 1984).

Las fitohormonas son compuestos químicos que regulan el crecimiento de una planta. Según una definición estándar del mundo animal, las hormonas son moléculas señalizadoras producidas en ubicaciones específicas que se dan en concentraciones muy bajas y causan procesos alterados en células concretas en otras ubicaciones. A diferencia de los animales, las plantas carecen de órganos o tejidos productores de hormonas, por lo que a menudo no son transportadas a otras partes de la planta, ni su producción está limitada a ubicaciones específicas (Rodríguez, 1984).

Estas hormonas son sustancias químicas que, en pequeñas cantidades, estimulan e influyen en el crecimiento, desarrollo y diferenciación de células y tejidos. Son vitales para el crecimiento; afectando procesos que van desde la floración hasta el desarrollo de las semillas, la dormancia y la germinación. Regulan qué tejidos deben crecer hacia arriba y cuales hacia abajo, la formación de las hojas y el crecimiento raíces y tallo, el desarrollo y maduración del fruto, así como la abscisión foliar. Pueden actuar en el propio tejido donde se generan o bien a largas distancias, mediante transporte a través de los vasos xilemáticos y floemáticos. Las hormonas vegetales controlan un gran número de sucesos, entre ellos el crecimiento de las plantas, la caída de las hojas, la floración, la formación del fruto y la germinación (Rodríguez, 1984).

Una fitohormona interviene en varios procesos, y del mismo modo todo proceso está regulado por la acción de varias fitohormonas. Se establecen fenómenos de antagonismo y balance hormonal que conducen a una regulación precisa de las funciones vegetales, lo que permite solucionar el problema de la ausencia de sistema nervioso. Las fitohormonas ejercen sus efectos mediante complejos mecanismos moleculares, que desembocan en cambios de la expresión génica, cambios en el citoesqueleto, regulación de las vías metabólicas y cambio de flujos iónicos. Las hormonas vegetales más importantes son el ácido abscísico (ABA), auxinas, etileno, giberelina y citoquinina, aunque hay muchas otras sustancias que sirven para regular la fisiología vegetal (Rodríguez, 1984).

Las auxinas son hormonas cuya acción fisiológica básica es sobre el mensaje genético contenido en el DNA, determinado que la planta sintetice proteínas y enzimas nuevas cambiando su química y fisiología. Los síntomas típicos son: a) promover el alargamiento de las células a bajas dosis dando excesivo crecimiento a los tallos que se alargan y retuercen y creciendo las hojas malformadas; en cambio inhibe el crecimiento a dosis altas; b) incrementar la respiración y en general la actividad fisiológica a bajas dosis e inhibirla a altas dosis. Existen varias auxinas naturales, siendo la principal el ácido indolacético, y muchas más sintéticas (Rodríguez, 1984).

Las giberelinas tienen como acción básica el modificar el mensaje genético que lleva el RNA. Cuando falta, se presenta el síntoma típico de falta de amilasa en la planta, enzima que deshace al almidón lo cual permite utilizarlo para obtener energía. Otro síntoma típico es el de promover el crecimiento en las variedades enanas. También es típico que con aplicación de giberelina las plantas pueden florecer en condiciones inadecuadas de horas de luz o de frío (Rodríguez, 1984).

Las citocinas también interfieren con el DNA y tienen como síntomas típicos el promover la división celular y el retardar los síntomas de senectud en la planta por lo que se le llama hormona juvenil. Aunque existen tres grupos hormonales, cada uno con varias hormonas individuales, y tienen características específicas, las observaciones

sobre el desarrollo han hecho evidente que las hormonas no actúan de manera independiente, sino que se conjuntan formando un sistema regulador y en cada uno de los fenómenos del desarrollo (germinación, floración, etc.) toman parte hormonas de los tres grupos interactuando armónicamente (Rodríguez, 1984).

2.5 MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE CAFÉ

2.5.1 Sistema radicular

Al igual que en el tallo en el sistema radical hay un eje central o raíz pivotante que crece y se desarrolla en forma cónica. Esta puede alcanzar hasta 60cm de profundidad si las condiciones del suelo lo permiten. De la raíz pivotante salen dos tipos de raíces: unas fuertes y vigorosas que crecen en sentido lateral y que ayudan en el anclaje del arbusto y otras que salen de éstas de carácter secundario y terciario. Normalmente estas se conocen como raicillas o pelos absorbentes (León, 2000).

El sistema radical del cafeto es uno superficial, ya que se ha constatado que alrededor del 90% de las raíces se encuentran en el primer pie de profundidad en el suelo. Las raíces laterales pueden extenderse hasta un metro alejadas del tronco. Generalmente la longitud de las raíces coincide con el largo de las ramas. La raíz desempeña las funciones de anclaje de la planta y la de explorar el suelo obteniendo el agua y nutrientes de origen mineral y algunos de origen orgánico del suelo. Al igual que el tallo, puede almacenar reservas en forma de almidón y azúcares solubles en el córtex y el parénquima del xilema secundario, principal mente (León, 2000).

Existe entre las raíces y la parte aérea del cafeto una dependencia nutricional simultánea que es importante resaltar. Las raíces dependen de las hojas para obtener alimentos derivados del proceso de la fotosíntesis y de hormonas para poder crecer y desarrollarse. En cambio, los órganos aéreos dependen de las raíces para obtener el agua, algunos amino ácidos y los elementos minerales contenidos en el suelo naturalmente o proveídos a través de fertilizantes orgánicos y/o inorgánicos. La raíz crece a partir del meristema sub-apical del meristema fundamental, del protodermo del

procambium y del meristema fundamental, entre las estructuras más importantes de las raíces también están los pelos radicales, los que debido a su altísimo número y tamaño pequeño, le permiten a la planta explorar un gran volumen del suelo (ANACAFE, 1998).

2.5.2 Tallo

El arbusto de café está compuesto generalmente de un solo tallo o eje central. El tallo exhibe dos tipos de crecimiento. Uno que hace crecer al arbusto verticalmente y otro en forma horizontal o lateral. El crecimiento vertical u ortotrópico es originado por una zona de crecimiento activo o plúmula en el ápice de la planta que va alargando a ésta durante toda su vida, formando el tallo central, nudos y entrenudos (Ramírez, 1978).

En los primeros 9 a 11 nudos de una planta joven sólo brotan hojas. De ahí en adelante esta comienza a emitir ramas laterales. Estas ramas de crecimiento lateral o plagiotrópico se originan de unas yemas que se forman en las axilas superiores de las hojas. En cada axila se forman dos o más yemas unas sobre las otras. De las yemas superiores se desarrollan las ramas laterales que crecen horizontalmente. La yema inferior a menudo llamada accesoria, da origen a nuevos brotes ortotrópicos. Usualmente esta yema no se desarrolla a menos que el tallo principal sea decapitado, podado o agobiado (Ramírez, 1978).

2.5.3 Ramas

Las ramas laterales primarias se originan de yemas en las axilas de las hojas en el tallo central. Estas ramas se alargan continuamente y son producidas a medida que el eje central se alarga y madura. El crecimiento de éstas y la emisión de nuevas laterales en forma opuesta y decusada van dando lugar a una planta de forma cónica. Las ramas primarias plagiotrópicas dan origen a otras ramas que se conocen como secundarias y terciarias. En estas ramas se producen hojas, flores y frutos. A excepción de algunas especies, en el tronco o tallo del *C. arábica* normalmente se producen sólo yemas

vegetativas, nunca flores ni fruto. Si a una rama lateral se le poda su ápice, no se induce la formación de otras ramas laterales en la misma axila, o sea, no tiene poder de renovación (ANACAFE, 1998).

En el caso de la propagación vegetativa, si se enraíza o se injerta una rama ortotrópica se obtiene una planta normal; de lo contrario, si fuere una rama plagiotrópica obtendríamos una planta baja y compacta con sólo ramas laterales. Es decir, que una rama plagiotrópica no da origen a una rama ortotrópica. Esta diferencia es de mucha importancia práctica cuando se propaga por injertos o esquejes y cuando se aplican los sistemas de poda. La eliminación del ápice de crecimiento de una rama lateral puede inducir al desarrollo de ramas secundarias y terciarias (ANACAFE, 1998).

2.5.4 Hoja

La formación de todas las hojas se inicia en el ápice del tallo y las ramas. En ellas se realiza la producción de muchos alimentos y hormonas, con las cuales la planta crece, se desarrolla y produce cosechas. Las hojas sirven de vehículo para absorber el carbono atmosférico y la energía radiante del sol así como la liberación de agua en forma de vapor a través de los estomas. La epidermis de las hojas posee ceras en su cutícula, dando protección contra la pérdida de agua interna. En el cuadro 1 se presentan los datos de una planta de la variedad Catuaí de dos años y medio de campo, la cual pesa en promedio 14.54 kg (ANACAFE, 1998).

Las hojas aparecen en las ramas laterales o plagiotrópicas en un mismo plano y en posición opuesta. Tiene un pecíolo corto, plano en la parte superior y convexo en la inferior. La lámina es de textura fina, fuerte y ondulada. Su forma varía de ovalada (elíptica) a lanceolada. El haz de la hoja es de color verde brillante y verde claro mate en el envés. En la parte superior de la hoja las venas son hundidas y prominentes en la cara inferior. Su tamaño puede variar de 3 a 6 pulgadas de largo. La vida de las hojas en la especie arábica es de 7 a 8 meses mientras que en la canephora es de 7 a 10 meses (ANACAFE, 1998).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Normalmente se busca la mejor dosis de los diversos nutrientes así como la eficiencia del fertilizante utilizado, tomando en cuenta el aporte del suelo respecto a la demanda que tiene el cultivo en sus diversas etapas fenológicas. Sin embargo, casi nunca se piensa en el órgano fundamental para la absorción de nutrientes de la planta que es la raíz, la mitad oculta. Sin raíces que absorban el agua y nutrientes primarios y secundarios hacia las partes aéreas, no se obtendrían buenos rendimientos. Entre más grande y extenso sea el sistema radicular, más carga va permitir soportar al cultivo, permitiendo subir los rendimientos y ganancias (Cuenta del desafío del milenio, 2007).

En la medida en que la raíz tenga un mejor desarrollo y mayor habilidad para la absorción, la nutrición será mucho más eficiente y la proporción de nutrientes colocado como fertilizante y que ingresarán a la planta se incrementará significativamente, esto al final se traducirá en beneficios de rendimiento y calidad de los cultivos. Los mecanismos de crecimiento, desarrollo y actividad de la raíz, involucran específicamente la nutrición de los cultivos.

Se ha estimado que en los departamentos de Santa Rosa, Jutiapa y Jalapa se producen 5,000,000 de plantas por año, pero no todas van con un sistema radicular bueno ya que todos se preocupan por lo que se ve de la planta, pero no de lo que no se ve como la raíz. En la actualidad, la deficiente raíz en almácigos de café es un problema y una de las principales deficiencias encontradas es la utilización de bolsas de menor tamaño del recomendado y de sustratos de textura arcillosa o pesada, altas dosis de fertilizantes foliares, los cuales tiene un buen follaje pero deficiente desarrollo radicular, ya que los fertilizantes foliares corrigen las deficiencias nutricionales como nitrógeno, hierro, entre otros, pero no estimulan el crecimiento radicular. En el área suroriental de Guatemala la mayoría de planta que se siembran, proviniendo de almácigos de café presentan

deficiente sistema radicular, lo cual provoca que la planta detenga su crecimiento y desarrollo. Muchas veces estas plantas al trasplantarlas al campo definitivo se mueren ya que no tienen la capacidad de absorber agua y los nutrientes que necesita, por falta de raíces, lo que hace que se presente una pérdida económica.

En almácigos de café y en campo definitivo, son muy pocas las personas que aplican un tipo de estimulante radicular a las plantas, encontrándose dentro de éste aquellos caficultores que, poseen extensiones medianas (de 4,590.91 Kg pergamino a 72,727.27 Kg pergamino) o grandes (de 72,772.27 Kg pergamino en adelante) (Martinez 2011).

3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Los caficultores que no aplican un enraizador es por dos causas: el desconocimiento de la existencia de los mismos, y a la falta de información por no haber documentación sobre el tema, por lo que no se sabe cuáles enraizadores comerciales se comportan mejor y cuál es el de menor costo. Actualmente existen caficultores con interés de invertir en sus plantaciones debido al auge que está teniendo el café en estos momentos (Martinez 2011).

A pesar de diversas investigaciones en producción de almácigos; en la región IV, Santa Rosa, Jutiapa y Jalapa no existe información de que se hayan evaluado productos que estimulen el crecimiento del sistema radicular en café, existen tesis de evaluaciones pero en otros cultivos como en crisantemo, rosa y en buganvilia.

Ante el actual problema que existe en la caficultura, que es el de la mortandad de plantas al momento de la siembra en el campo definitivo o en sus primeros años productivos y la falta de documentación hace que los productores no cuenten con los medios adecuados y eficientes para poder utilizar un tipo de enraizador, lo que justifica la evaluación de productos enraizadores y así obtener mejores resultados que ayuden a mejorar la calidad de la planta y corregir el problema radicular. Debido a que influyen en el incremento y desarrollo del sistema radicular así como la calidad de las plantas. Además con la presente investigación se estará generando importante información, relacionada con la utilización de enraizadores, así también la que represente el menor costo.

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de cinco enraizadores sobre la calidad de planta de café, en Finca Las Flores, Barberena, Santa Rosa.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el efecto de cinco enraizadores sobre el desarrollo del sistema radicular en peso fresco.
- Determinar el efecto de cinco enraizadores sobre el desarrollo del sistema radicular en peso seco.
- Determinar el efecto de cinco enraizadores sobre el desarrollo de masa foliar en peso fresco.
- Determinar el efecto de cinco enraizadores sobre el desarrollo de masa foliar en peso seco.
- Cuantificar el número de cruces desarrolladas por efecto de cada tratamiento.
- Determinar el diámetro de fuste y altura de planta para cada tratamiento.
- Determinar la influencia de los tratamientos sobre los costos.

V. HIPÓTESIS

5.1 Hipótesis Alternativa

Por lo menos un tratamiento tiene efectos significativos en cuanto al desarrollo foliar y desarrollo del sistema radicular y que se reflejara sobre el diámetro de fuste, altura de planta y número de cruces.

VI. METODOLOGÍA

6.1 Localización

El experimento se realizó en las instalaciones de la finca "las Flores" la cual está ubicada entre las coordenadas geográficas: Latitud 14°18'.061" y Longitud 90°21'.768" y una altura de 1195 m.s.n.m. en el municipio de Barberena (Martínez, 2010).

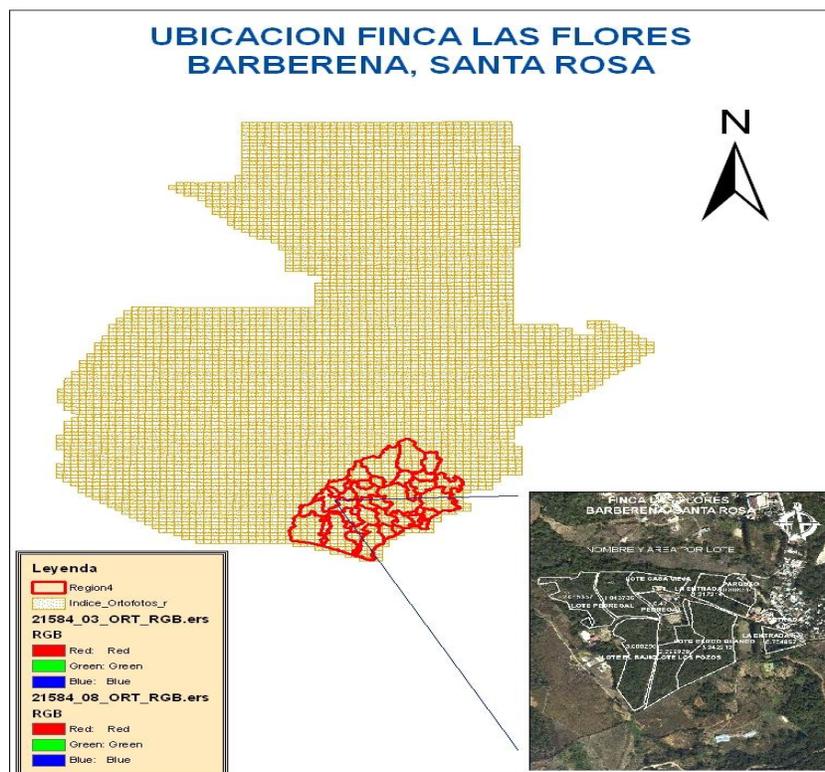


Figura. 1 Ubicación de finca las Flores, Barberena, Santa Rosa.

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Se evaluaron cinco enraizadores para almacigo de Café variedad Catuaí. Utilizando las dosis que recomienda cada casa comercial, y en un suelo que reúne las condiciones óptimas, los productos que se utilizaron son los siguientes:

Raizal 400: que contiene Nitrógeno (n) 9.00%, Fosforo (P2O5) 45%, Potasio (K2O) 11.00%, Magnesio (MG) 0.60%, Azufre (S) 0.80%, Fitohormonas 0.04%, Ingrediente inerte 33.56% (Arysta, 2011).

Cosmoroot: que contiene Nitrógeno total (N) 7.0%, Nitrógeno amoniacal 7.0%, Fosforo asimilable (P2O5) 47.0%, Potasio soluble en agua (K2O) 6.0%, Carbono orgánico oxidable total 9.7%, Carbono de extracto húmico total (CETH) 4.1%, Carbono de ácidos húmicos (CAH) 1.19%, Carbono de ácidos fulvicos (CAF) 2.98%, Aminoácidos totales 3.0% (Cosmocel, 1960).

Eneroot: contiene Nitrógeno (N) 7.25%, Aminoácidos totales 46.17%, Magnesio (Mg) 2.10%, Zinc (Zn) 0.76%, Molibdeno (Mo) 0.02%, Manganeso (mN) 0.01%, Cobre (Cu) 0.76%, Hierro (Fe) 0.76%, Azufre (SO4) 1.98%, Boro (B) 1.52%, Auxinas 0.05%, Citoquininas 0.05%, Giberelinas 0.05%, Inertes 38.54% (Enlasa 2011).

Raichel: Contiene Acido Indolacetico 0,450 %, Acido Indolbutirico 0.900 %, Fosforo Asimilable 6.000 %, Acidos Fulvicos 10.000 %, Surfactantes y Penetrantes 3.500 %, Ingredientes Inertes 79.150 %. (Noviagro 2011)

Razormin: Contiene Aminoácidos libres 7 % p/p, Materia orgánica total 25 % p/p, Nitrógeno total (N) 4 % p/p, Fósforo total soluble en agua (P2O5) 4 % p/p, Potasio total soluble en agua (K2O) 3 % p/p, Polisacáridos 3 % p/p, Hierro (Fe) soluble en agua 0,4 % p/p, Manganeso (Mn) soluble en agua 0,1 % p/p, Boro (B) soluble en agua 0,1 % p/p, Zinc (Zn) soluble en agua 0,085 % p/p, Cobre (Cu) soluble en agua 0,02 % p/p, Molibdeno (Mo) soluble en agua 0,01 % p/p, Factores bioestimulantes y de enraizamiento: 1,52 % p/p (Atlántica, 2005).

6.3 Factores a estudiar

Se evaluó un solo factor que son los enraizadores.

6.4 Descripción de los tratamientos

Cuadro. 1 Descripción de tratamientos, dosis y frecuencias de aplicación.

Número de tratamiento	Nombre comercial	Momento de aplicación	Dosis	Observaciones
T1	Raizal 400	La primera después de 15 días de trasplantado en la bolsa, luego 1 cada mes	4 aplicaciones (1kilogramo/ 200 Litros) 50cc/planta,	La aplicación se realiza disuelta, dirigida al sustrato de la bolsa, alrededor del tallo, (tronqueada)
T2	Cosmoroot	15 días Después de trasladada la plántula la primera y una cada mes	4 aplicaciones (1kilogramo /200litros) 50cc/planta	La aplicación se realiza disuelta, dirigida al sustrato de la bolsa, alrededor del tallo, (tronqueada)
T3	Eneroot	15 días después de trasplantada la plántula en bolsa, y las otras dos en ciclos de 30 días después	4 aplicaciones, (0.2 kilogramos/ 200 litros de agua) 50cc/planta	La aplicación se realiza disuelta, dirigida al sustrato de la bolsa, alrededor del tallo, (tronqueada)

		de aplicada la primera.		
T4	Raichel	15 días después del trasplante la primer aplicación, luego una cada mes	4 aplicaciones 0.5 litros/ 200 litros de agua 2.5cc/litro y 50cc/planta	La aplicación se realiza disuelta, dirigida al sustrato de la bolsa, alrededor del tallo, (tronqueada)
T5	Razormin	15 días después del trasplante una cada mes.	4 aplicaciones 0.3 litros/200 litros de agua 50cc/planta	La aplicación se realiza disuelta, dirigida al sustrato de la bolsa, alrededor del tallo, (tronqueada)
T6				

6.5 Diseño Experimental

Tomando en cuenta el lugar y las condiciones donde se llevó a cabo el experimento, se utilizó el diseño de bloques al azar, el cual tiene seis tratamientos y cinco repeticiones.

6.6 Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + t_j + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable Respuesta

μ = Efecto de la media general.

B_i = Efecto del i-ésimo bloque.

T_j = Efecto del j-ésimo tratamiento.

E_{ijk} = Efecto de error experimental.

6.7 Unidad experimental

De acuerdo a Escobar (1983) y López (1984), el número óptimo de bolsas de polietileno de tamaño de 7x10 pulgadas para experimentación en café a nivel de almacigo es de 16 y donde se tomaron 12 para fines de toma de datos (figura 2)

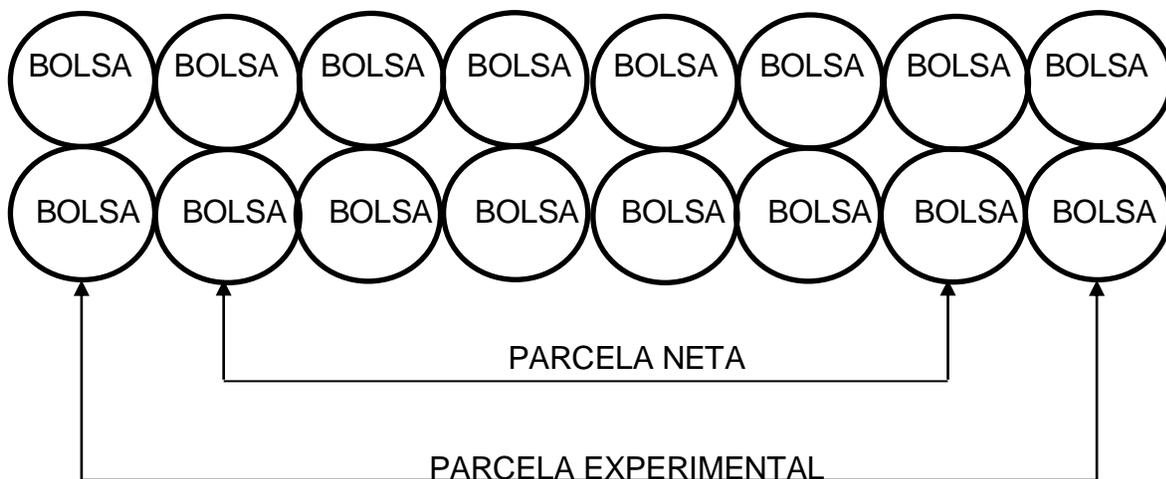


Figura. 2 Diagrama de la unidad experimental.

6.8 Croquis

La forma en que se ubicó el experimento es como se aprecia en la figura 3.

I	II	III	IV	V
Borde lateral				
A	B	C	D	E
B	C	D	E	F
C	D	E	F	A
D	E	F	A	B
E	F	A	B	C
F	A	B	C	D
Borde lateral				

Gradiente----->

↑
Norte

Dónde:

Letras mayúsculas: Unidades experimentales.

Números romanos: Repeticiones o bloques.

Figura. 3 Arreglo experimental.

Designación de Tratamientos

- A. Testigo
- B. Raizal 400
- C. Cosmoroot
- D. Enerroot
- E. Nutrisorb
- F. Razormin

La aleatorización del experimento se realizó mediante sorteo, para cumplir con la distribución de tratamientos al azar.

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1 Etapa de campo

a. Elaboración y manejo de semillero y almácigo

Para dicha actividad se tomó de referencia las recomendaciones técnicas elaboradas por Hernández (1988).

b. Preparación de mezcla de suelo

Se utilizó bromuro de metilo, un biosida, con el fin de obtener un suelo completamente esterilizado y evitar la acción de alguna plaga que modifique el experimento.

c. Llenado y ordenamiento de las bolsas

Se colocaron en hileras dobles con calles de 40 a 50 cm.

d. Trasplante

El tamaño adecuado es cuando la planta está en la etapa de “soldadito” (el tallo con sus hojas cotiledonares aun encerradas dentro del pergamino). En el momento de la siembra se colocó una planta por bolsa.

e. Colocación de sombra

f. Fertilización

Se aplicaron fertilizaciones foliares y disueltas con una formula completa en base a análisis de suelo.

g. Control de Malezas

El control de malezas se realizó en forma manual.

h. Riego (por aspersión)

i. Control de Plagas y Enfermedades

6.10 Variables de respuesta

a.- Peso fresco de raíz en gramos, con ayuda de una balanza analítica y al final del experimento para que no altere algún resultado.

b.- Peso seco de raíz en gramos, con ayuda de una balanza analítica y al final del experimento para que no altere algún resultado.

b.- Peso fresco foliar en gramos, con ayuda de una balanza analítica y al final del experimento para que no altere algún resultado.

b.- Peso seco foliar en gramos, con ayuda de una balanza analítica y al final del experimento para que no altere algún resultado.

c.- Número de cruces por planta a los seis y ocho meses, y al final del experimento.

d.- Diámetro de fuste y tallo en milímetros, medido a 5 centímetros de altura a los dos, cuatro, seis y ocho meses, y al final del experimento, con la ayuda de un Vernier para la medición.

e.- Altura de plantas en centímetros a los cuatro, seis y ocho meses, y al final del experimento, con la ayuda de una regla.

f.- Control de costos de aplicación.

6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1 Análisis estadístico

Para el análisis de cada una de las variables bajo estudio se procedió a realizar el análisis de varianza (ANDEVA), con la finalidad de determinar si existió diferencia estadística significativa para la fuente de variación tratamientos. En los casos procedentes se aplicó una prueba múltiple de medias de Tuckey.

6.11.2 Comparación de costos

Se realizó una comparación de costos de aplicación al final del experimento, y existió diferencia estadística entre tratamientos, solo para dos variables, el productor de almácigos seleccionará entre costo y calidad.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los análisis de varianza para cada variable, variable peso fresco de raíz (g), variable peso seco de raíz (g), variable peso fresco foliar (g), variable peso seco foliar (g), variable número de cruces por planta, variable diámetro de fuste o tallo (mm), variable altura de la planta y variable costos de aplicación; así como las gráficas y figuras que describen el comportamiento de los tratamientos y sus tendencias al final del experimento.

7.1 Peso fresco de raíz (g)

Cuadro. 2 Análisis de varianza para la variable peso fresco de la raíz en (g).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. Tabulada.	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	2,386	477.33	0.4262 N.S	2.71	4.1
Repeticiones	4	4,163.33	1,040.83	0.9294	2.87	4.43
Error	20	22,396.66	1,119.83			

C.V. = 19.26%

N.S. = No existe diferencia significativa.

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 3, no se obtuvo diferencia significativa para los niveles 5% y 1% de significancia, para la variable peso fresco de raíz en (g).

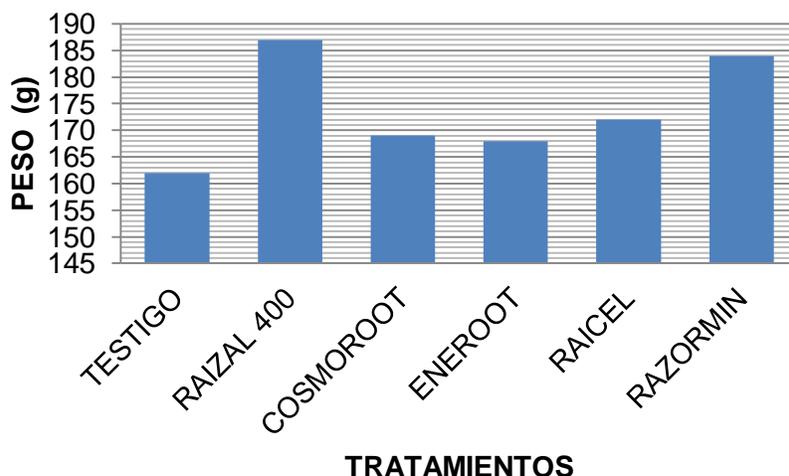


Figura. 4 Peso fresco de la raíz en (g).

Los resultados en cuanto a la variable peso fresco de raíz se muestran en la figura 4, dando como resultado una media de 187 que corresponde al tratamiento B donde se aplicó el enraizador (Raizal 400) seguido con una media de 184 el tratamiento F (Razormin) los cuales indican los mejores resultados aritméticos siendo estas las dos mejores medias en cuanto a los demás tratamientos respecto a la variable peso fresco de raíz para el tratamiento C (Cosmoroot), D (Eneroot) y A (Testigo) representan las menores medias seguidos por el tratamiento E (Raicel).

7.2 Peso seco de raíz (g)

Cuadro. 3 Análisis de varianza para la variable peso seco de raíz en (g)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. Tabulada.	
					0.05	0.01
tratamientos	5	40.0803	8.0160	0.4616 N.S	2.71	4.10
repeticiones	4	29.4866	7.3716	0.4245	2.87	4.43
error	20	347.3080	17.3654			

C.V. = 11.01%

N.S. = No existe diferencia significativa.

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 4, no se obtuvo diferencia significativa para los niveles 5% y 1% de significancia, para la variable peso seco de raíz en (g).

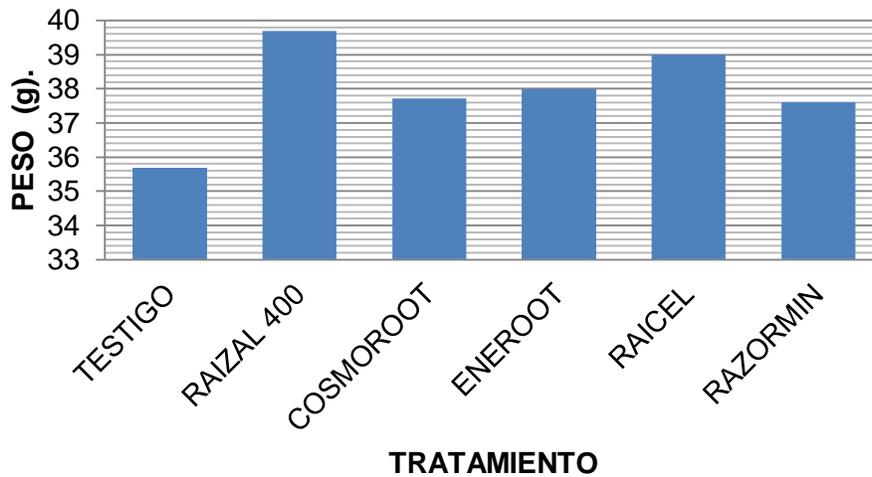


Figura. 5 Variable peso seco de raíz (g).

Los resultados en cuanto a la variable peso seco de raíz se muestran en la figura 5, dando como resultado una media de 39.19 correspondiente al tratamiento B (Raizal 400) siendo este la mejor media en cuanto a los demás tratamientos seguido por el tratamiento E (Raicel), el cual tiene una media de 39.06 indicando al testigo con el menor resultado aritmético.

7.3 Peso fresco foliar (g)

Cuadro. 4 Análisis de varianza para la variable peso fresco foliar en (g).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.Tabulada	
					0.05	0.01
tratamientos	5	21,950	4,390	2.1488 N.S	2.71	4.1
repeticiones	4	13,961.66	3,490.41	1.7085	2.87	4.43
error	20	40,858	2,042.91			

C.V. = 16.20%

N.S. = No existe diferencia significativa.

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 5, no se obtuvo diferencia significativa para los niveles 5% y 1% de significancia, para la variable peso fresco foliar en (g).

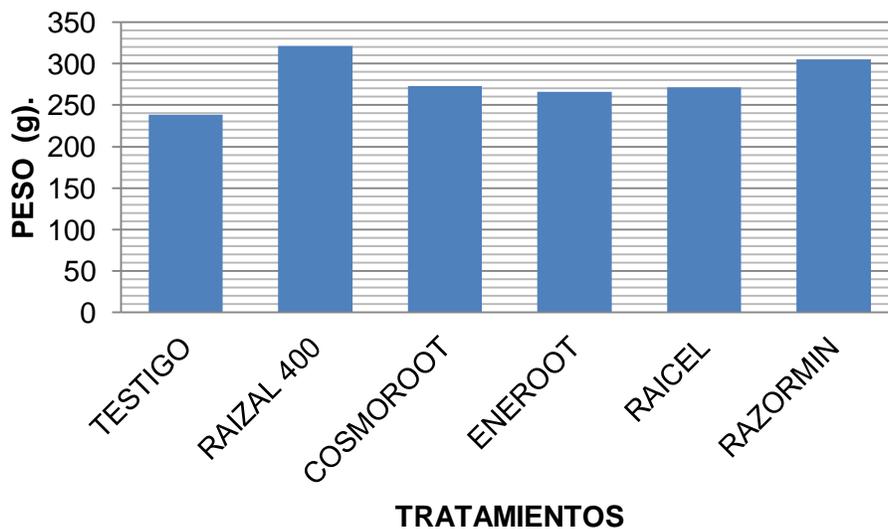


Figura. 6 Variable peso fresco foliar (g).

Los resultados de la variable peso fresco foliar se muestran en la figura 6, donde los resultados obtenidos se presenta con una media de 321 correspondiente al tratamiento B en el cual se aplicó el enraizador Raizal 400, siendo este la mejor media en cuanto a los demás tratamientos, seguido el tratamiento F que corresponde a el enraizador Razormin el cual tiene una media de 305 siendo estos tratamientos los dos mejores en cuanto a la variable peso fresco foliar. Los tratamientos C (Cosmoroot), D (Eneroot) y E (Raicel) representan las menores medias.

7.4 Peso seco foliar (g)

Cuadro. 5 Análisis de varianza para la variable peso seco foliar en (g).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.Tabulada	
					0.05	0.01
Tratamientos	5	505.2385	101.0477	2.5825 N.S	2.71	4.10
Repeticiones	4	112.8003	28.2000	0.7207	2.87	4.43
Error	20	782.5387	39.1269			

C.V. = 8.36%

N.S. = No existe diferencia significativa.

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 6, no se obtuvo diferencia significativa para los niveles 5% y 1% de significancia, para la variable peso seco foliar en (g).

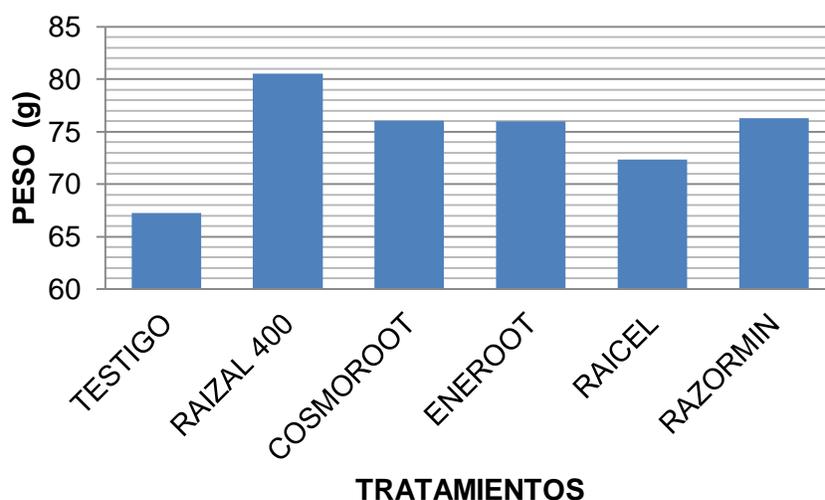


Figura. 7 Variable peso seco foliar.

Los resultados en cuanto a la variable peso seco foliar se muestran en la figura 7. Teniendo como resultado 80.54 en el tratamiento B (Raizal 400) siendo esta la mejor media seguido por el tratamiento F (Razormin) con una media de 76.30 de peso seco foliar. La aplicación de los enraizadores correspondiente a los tratamiento C (Cosmoroot), D (Eneroot) y E (Raicel) representan las menores medias.

7.5 Número de cruces por planta

Cuadro. 6 Análisis de varianza para la variable número de cruces por planta.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. Tabulada.	
					0.05	0.01
tratamientos	5	1.3375	0.2675	2.7695 **	2.71	4.1
repeticiones	4	0.8082	0.202	2.0917	2.87	4.43
Error	20	1.9318	0.0965			

C.V.= 17.06%

* = Significancia estadística.

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 7, se obtuvo diferencia significativa para los niveles 5% de significancia para la variable número de cruces por planta debido a esto se realizó prueba múltiple de medias de Tukey para comparar las diferentes medias de los tratamientos.

Cuadro. 7 Agrupación según prueba múltiple de medias Tukey al 5% de significancia para el número de cruces por planta.

No de orden	Tratamiento	Promedios	Grupo Tukey
1	F	2.19	a
2	B	1.96	a b
3	E	1.83	a b
4	C	1.74	a b
5	D	1.69	a b
6	A	1.53	b

De acuerdo con la prueba múltiple de medias de Tukey presentada en el cuadro 8, la cual determino que sobresale el grupo A con el tratamiento F (Razormin), con una media de 2.19; para número de cruces por tratamiento. El grupo AB con los tratamiento B (Raizal 400), E (Raicel), C (Cosmoroot) y D (Eneroot) estadísticamente son iguales ya que ambos pertenecen al nivel A pero además pertenecen al nivel B. y por último el grupo B con el tratamiento A (Testigo) con una media de 1.53 cruces por tratamiento.

Donde los grupos A y B presentan diferencia significativa en el número de cruces por tratamiento donde el grupo A presenta la media más alta 2.19 en comparación con el grupo B que posee la media más baja 1.53 para cruces por tratamiento. Mostrando que el grupo AB no poseen diferencia significativa, ya que al realizar la comparación de medias Tukey se encontró letras en común. Por lo tanto el tratamiento F (Razormin) y el tratamiento B (Raizal 400) aumentan el número de cruces por tratamiento siendo estos los mejores.

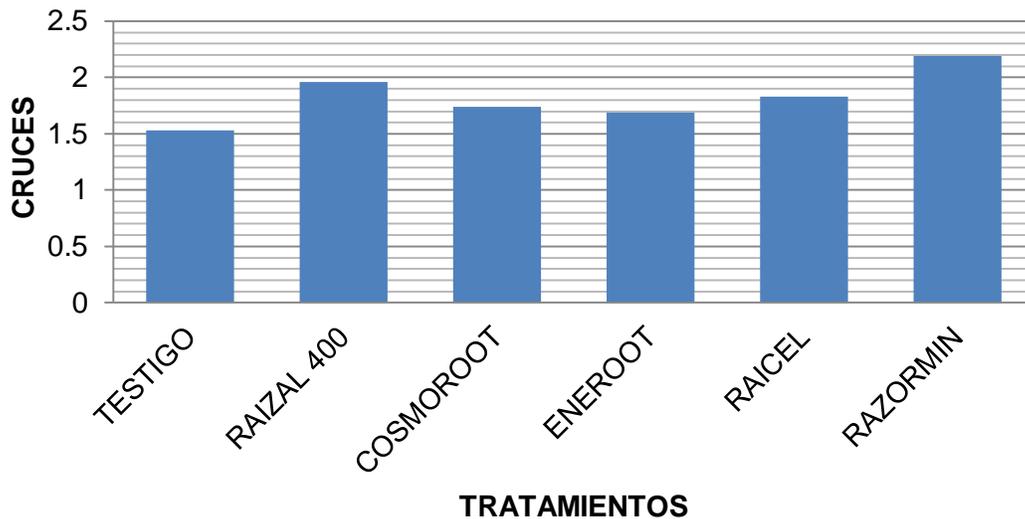


Figura. 8 Variable número de cruces por planta.

Los resultados en cuanto al número de cruces por tratamiento se muestran en la figura 8, donde se observa que el tratamiento F (Razormin), representa la mejor media de 2.19, en cuanto a los demás tratamientos, seguido el tratamiento B (Raizal 400), la cual presenta una media de 1.96 siendo las mejores medias en cuanto a la variable número de cruces por tratamiento, el testigo A presento el menor porcentaje o resultado en número de cruces.

7.6 Diámetro de fuste o tallo (mm)

Cuadro. 8 Diámetro de fuste o tallo (mm).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. Tabulada.	
					0.05	0.01
tratamientos	5	3.41	0.682	21.93 **	2.71	4.1
repeticiones	4	0.74	0.185	5.8	2.87	4.43
error	20	0.62	0.031			

C.V. = 3.49%

** = Significancia estadística

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 9, se obtuvo diferencia altamente significativa para los niveles de 5% de significancia para la variable diámetro de fuste y tallo, debido a esto se realizó una prueba múltiple de medias de Tukey para comparar las diferentes medias de los tratamientos.

Cuadro. 9 Agrupación según prueba múltiple de medias Tukey al 1% de significancia para el diámetro de fuste y tallo por planta en (mm).

No. de orden	Tratamiento	Promedios	Grupo Tukey
1	E	5.5	a
2	F	5.32	a
3	D	5.3	a
4	B	4.77	b
5	C	4.72	b
6	A	4.63	b

De acuerdo con la prueba múltiple de medias de Tukey presentada en el cuadro 10, se observan los resultados de los tratamientos el cual determino que sobresale el grupo A con los tratamientos E (Raicel) con un promedio de 5.5, F (Razormin) con 5.32 y D (Eneroot) con 5.3 para el diámetro de fuste por tratamiento, los cuales fueron los que obtuvieron los mejores resultados. El grupo B con el tratamiento B (Raizal 400) con un promedio de 4.77, el tratamiento C (Cosmorrot) con 4.72 y el tratamiento A (testigo) con 4.63 para el diámetro de fuste por tratamiento presentaron los resultados más bajos.

Los resultados obtenidos en el análisis de diámetro de fuste y tallo muestra diferencia significativa entre el grupo A y B presentando el grupo A las mejores medias en contraste al grupo B. por lo tanto los tratamientos E (Raicel), F (Razormin) y D (Eneroot) aumentan el

diámetro debido a que dichos tratamientos presentaron mayor diámetro de fuste por planta.

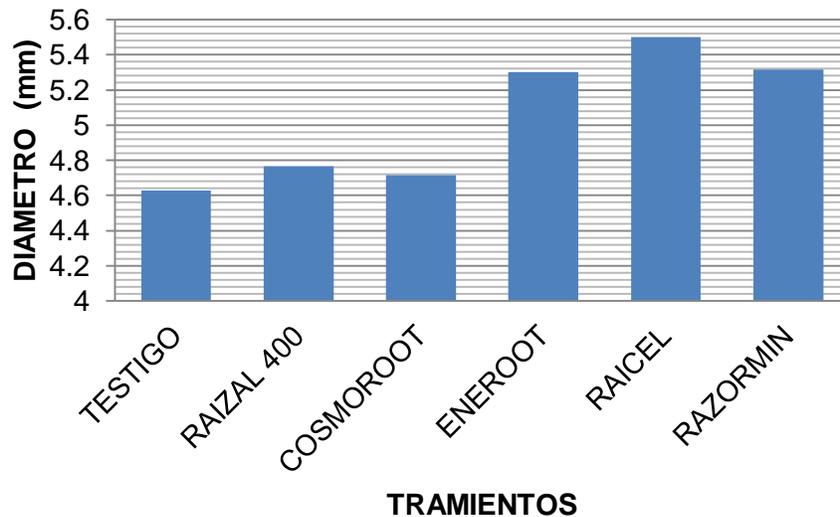


Figura. 9 Variable diámetro de fuste o tallo (mm).

Los resultados en cuanto a la variable diámetro de fuste por tratamiento, se muestran en la figura 9, donde se observa que los tratamientos E (Raicel), con una media de 5.5, F (Razormin), 5.32 y D (Eneroot) con 5.3, siendo estos las tres mejores medias en el desarrollo del diámetro de fuste o tallo de la planta estos superaron estadísticamente a los tratamientos B (Raizal 400), C (Cosmoroot) y A (Testigo). en cuanto a la variable diámetro de Fuste y tallo.

7.7 Altura de la planta (cm).

Cuadro. 10 Análisis de varianza para la variable altura de la planta en (cm).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. Tabulada.	
					0.05	0.01
tratamientos	5	45.9325	9.1865	1.7827 N.S	2.71	4.1

repeticiones	4	14.6833	3.6708	0.7123	2.87	4.43
error	20	103.0638	5.1531			

C.V. = 7.96%

N.S. = No existe diferencia significativa.

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 11, no se obtuvo diferencia significativa para los niveles 5% y 1% de significancia para la variable altura de la planta.

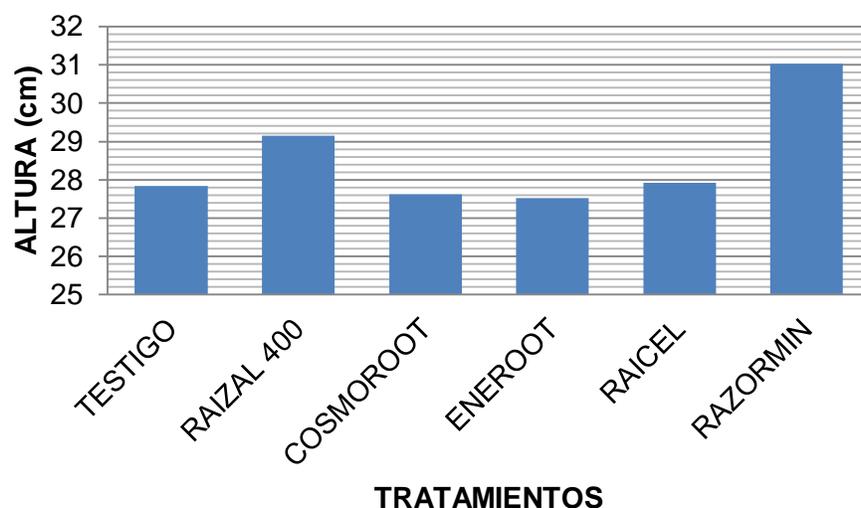


Figura. 10 Variable altura de planta (cm).

Los resultados en cuanto a la variable altura de la planta por tratamiento se muestra en la figura 10, donde se observa el comportamiento que existió entre los tratamientos F (Razormin), presento la mejor media de 31.02 en cuanto a los demás tratamientos seguido el tratamiento B (Raizal 400) el cual tiene una media de 29.15 para altura siendo estas las dos mejores medias en cuanto a la variable altura de la planta. Los tratamientos, C (Cosmoroot), D (Eneroot), E (Raicel) y A (Testigo) presentan los menores resultados.

7.8 Costos de aplicación

Cuadro. 11 Análisis para la variable control de costos de aplicación.

TRATAMIENTO	PRECIO			PRECIO	
	*UNIDAD Q	DOSIS*TONEL Kg O Lts	costo * tonel Q	*UNIDAD PLANTAS Q.	COSTO 4 APLICACIONES
RAIZAL	80.00	1 kg.	80	0.02	0.08
COSMOROOT	90.00	1 kg.	90	0.0225	0.09
ENEROOT	350.00	0.2 kg.	70	0.0175	0.07
RAICEL	180.00	0.5 L.	90	0.0225	0.09
RAZORMIN	315.00	0.3 L.	94.5	0.023625	0.0945
TESTIGO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

El análisis económico consistió en la determinación de los costos del productor, como los costos en este caso de los enraizadores y su aplicación para determinar que tratamiento es más factible para su utilización.

De acuerdo al análisis de control de costos que se presenta en el cuadro 12. Se observó que el tratamiento que presentó mejor beneficio fue el tratamiento D que se le aplicó el enraizador Eneroot con un costo de Q.70.00 siendo este el mejor. Así se determinó que el mayor costo fue de Q.94.50 correspondiente al tratamiento F al que se le aplicó el enraizador Razormin. El tratamiento B que se aplicó el enraizador Raizal 400 con un costo de Q.80.00 se presenta como el segundo enraizador con mejor beneficio para la aplicación en un almacigo de café.

La diferencia de costos varía independientemente del precio inicial del producto, ya que la relación precio y dosis es diferente de cada uno, por lo que el más caro puede ser el más económico por las dosis que recomiendan según cada casa comercial, por ejemplo el enraizador Eneroot que inicialmente cuesta Q. 350.00 el kilo pero la dosis es de 0.2kg. por tonel, sale a Q. 70.00 el tonel, mientras que el Raizal 400 cuesta Q. 80.00 el kilo pero la dosis es de 1kg. por tonel, sale a Q. 80.00 el tonel.

VIII. CONCLUSIONES

- No se encontró diferencia estadística significativa para las variables, peso fresco de raíz, variable peso seco de raíz, variable peso fresco foliar y variable peso seco foliar.
- Se encontró diferencia estadística en la variable número de cruces, siendo el tratamiento F (Razormin) el mejor, ya que los demás tratamientos B (Raizal 400), E (Raicel), C (Cosmoroot) Y D (Eneroot) comparten el grupo ab y por tanto son iguales al tratamiento A (testigo).
- De acuerdo con el análisis estadístico los tratamientos en el que se obtuvo mayor diámetro de fuste o tallo fueron los tratamientos E (Raicel), F (Razormin) y D (Eneroot), por tanto son superiores estadística mente a los tratamientos A (testigo), B (Raizal 400), C (Cosmoroot).
- No hubo diferencia estadística significativa entre los diferentes tratamientos para la variable altura de la planta por tanto todos son estadísticamente iguales.
- Con respecto al costo por planta de cada tratamiento en cuatro aplicaciones es de: B (Raizal 400) Q. 0.08, C (Cosmoroot) Q. 0.09, D (Eneroot) Q.0.07, E (Raicel) Q. 0.09, F (Razormin) 0.09.

IX. RECOMENDACIONES

- Para obtener plantas con un mayor número de cruces estadísticamente se recomienda utilizar Razormin a razón de 0.3 litros/200 litros de agua, 50cc/planta.
- Para obtener plantas con un mayor diámetro de fuste o tallo estadísticamente se recomiendan los tratamientos Raicel 0.5 litros/200 litros de agua, Razormin 0.3 litros/200 litros de agua, Eneroot 0.2 kilogramos/200 Litros de agua.
- Se recomienda emplear variables adicionales a quien pretenda realizar un trabajo parecido tales como volumen radicular y analisis foliar de composición

X. BIBLIOGRAFIA

Álvarez, J. (2009). La eficiencia en la nutrición de los cultivos (en línea). Innovak News, México. Consultado 28 de Jul. 2011 disponible en http://www.innovakglobal.com/periodicos_pdf/periodico_innovak_mayo09.pdf

Atlántica Agrícola. (2005). Razormin (en línea). España. Consultado el 8 de Ago. 2011. Disponible en <http://www.atlanticaagricola.com/productos.php?ct=27#>

Asociación Nacional del Café, ANACAFE (1998). Manual de Caficultura. 3ra. Edición., Guatemala. 318p.

Asociación Nacional del Café, ANACAFE (2001). Historia del café de Guatemala. 1ra. Edición., Villegas editores, Guatemala. 223p.

Arysta LifeScience Raizal 400 (en línea). Chile. Consultado el 28 Jul. 2011. Disponible en http://www.arystalifescience.cl/productos/fichas_pdf/RAIZAL%20400_F CH.pdf

Cosmocel S.A. (1960). Rootex (en línea). México. Consultado el 3 Jun. 2011. Disponible en <http://www.agrocorp.com.co/producto.php?opcion=003000 1000009 &cualinfo=1>

Cuenta del desafío del milenio (2007) Entrenamiento y desarrollo de agricultores (en línea). Honduras, consultado el 10 ag. 2011. Disponible en http://www.mcahonduras.hn/documentos/PublicacionesEDA/Manuales%20de%20produccion/EDA_Produccion_Aplicacion_IBA_06_07.pdf

Escobar, A. j. (1983). Evaluación del número de posturas por hilera en almácigos de café sembradas en bolsa y determinación de tamaño óptimo de parcela experimental bajo condiciones de almacigo en finca san José, Villa Canales. Tesis Ing. Agr.

Guatemala Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía 58 p.

Enlasa (2011). Eneroot (en línea) Guatemala. Consultado el 10 ag. 2011 Disponible en <http://www.grupoenlasa.com/admin/uploads/catalogo/Eneroot.pdf>

Estrada, C (1984). Comportamiento de la raíz del cafeto y otras variables en almácigos sembrados en bolsa. Revista cafetalera, Guatemala. No. 241:3-9. Guatemala.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2010). El árbol y el entorno (en línea). Colombia. Consultado el 3 de Jul. 2011. Disponible en http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/el_arbol_y_el_entorno/

Figueroa, P.; García, j; Peñate, M. (Julio 2010). Recomendaciones para la elaboración de almácigos de café. Revista el cafetal. Guatemala. pp. 8-10

García, E. (2008). Evaluación de enraizadores para la reproducción de bugambilia (*Bougainvillea spectabilis* Wild), bajo tres sustratos, en el municipio de Retalhuleu. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala 7-10 p.

Hernández, P (1988). Manual de caficultura. Guatemala, ANACAFE. 247 p.

INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas). (2005) Manual práctico para el caficultor. Parte I. Tachira. Venezuela.

Inpofos (2006). Porque el fosforo es importante para el desarrollo de las raíces (en línea). Mexico, engormix.com. Consultado 7 jul. 2011. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-agricultura/maiz/articulos/porque-fosforo-importante-desarrollo-t1021/417-p0.htm>

León, J. (2000). Botánica de los cultivos tropicales. 3ª. ed. Editorial Agroamerica del IICA.

San Jose C.R. No. 84

López, E. (1984). Determinación del tamaño óptimo de la parcela experimental en almacigo de café, sembrado en bolsa. Revista cafetalera, Guatemala No. 242: 3-19.

Martínez, M. (1990). Fisiología Vegetal. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

Martínez, M. (2010). Exportaciones de Café (entrevista). Guatemala, Asociación Nacional del Café, departamento de Comercialización.

Martínez, M. (2011). Almacigos de Café (entrevista). Guatemala, Asociación Nacional del Café, Técnicos Región IV.

Matheu, M. (1975). Manual instructivo de caficultura práctica. 1ª ed. Técnica Grafica, Guatemala. 225 p.

Noviagro, (2011). Raicel (en línea) Guatemala. Consultado el 10 ag. 2011 Disponible en <http://noviagro.com/v1/es/raicel>

Ramírez, J. (1978). Taxonomía, Morfología y Fisiología del cafeto. Guatemala 64 p.

Reyes, P. (1980). Diseño de Experimentos aplicados. Editorial Trillas, México. 344 p.

Rodríguez, F. (1984). Metodología estadística con fines didácticos en evaluación de cuatro productos hormonales para eraizamiento, en los cultivos de crisantemo y rosa bajo condiciones de invernadero. Tesis Técnico Fitotecnista Con Especialidad en Cultivos Guatemala, Guatemala, URL. 6-9 p.

Solución para el agro, SOLAGRO (2011). Cultivo de café. Ecuador. Consultado el 14/10/2011. Disponible en <http://www.solagro.com.ec/cultdet.php?vcultivo=Caf%E9>.

XI. ANEXOS

VIII. CRONOGRAMA DE TRABAJO

ACTIVIDAD	Marzo			Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				diciembre			
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Preparación y desinfección de semillero	x																																						
Siembra		x																																					
Cernir y mezclar tierra				x	x	x	x	x	x																														
Llenado de bolsas				x	x	x	x																																
Alineado bolsas				x	x	x	x																																
Desinfestacion de bolsas											x																												
Desinfección de bolsas											x																												
Transplante												x	x	X	X																								
Desinfestacion de bolsas												x	x						x																				
Fertilización disuelta																						x																	
Fertilización disuelta																											x												X
Fertilización disuelta																																							
Enmiendas																																							
Fertilización foliar																																							
APLICACIÓN DE ENRAIZADORES																																							
Raizal 400															X				X				X				X												
Cosmoroot															X				X				X				X												
Enerroot															X				X				X				X												
Raichel															X				X				X				X												
Razormin															X				X				X				X												



Figura. 11 Crecimiento radicular de los tratamientos evaluados.