

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS PRODUCTOS PROMOTORES
DEL ENRAIZAMIENTO EN LA CALIDAD DE ALMÁCIGO DE CAFÉ
(*Coffea arabica* L. cv. Obatá), EN NARANJO, ALAJUELA, COSTA
RICA**

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía como
requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

ERICKS DANILO STELLER JIMÉNEZ



Carrera de Ingeniería en Agronomía
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Sede Regional San Carlos
2005 - 2018

2018

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS PRODUCTOS PROMOTORES
DEL ENRAIZAMIENTO EN LA CALIDAD DE ALMÁCIGO DE CAFÉ
(*Coffea arabica* L. cv. Obatá), EN NARANJO, ALAJUELA, COSTA
RICA**


ERICKS DANILO STELLER JIMÉNEZ

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M. Sc.


Asesor principal

Ing. Agr. Efrén Valverde Rodríguez, Lic.


Asesor externo

Ing. Biot. Fabián Echeverría Beirute, PhD.


Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA.


Coordinadora
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Sergio Torres Portugués, M. Sc.


Director
Escuela de Agronomía

DEDICATORIA

Agradecer a Dios por todas las bendiciones y dificultades que ha puesto en mi camino para poder llegar a esta meta.

A mis padres Norman Steller y Patricia Jiménez por el amor incondicional que me han dado, por todos los sacrificios que han hecho por mí y por siempre estar apoyándome y aconsejándome para hacerme una mejor persona.

A mis hermanas Yilari y Marisol por el amor y cariño que siempre me brindan.

A Papá Juven por ser una inspiración y demostrarme que nunca hay que rendirse a pesar de las dificultades que hay en la vida.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por permitirme estudiar y poder concluir de manera exitosa esta linda etapa de mi vida.

A mi familia por el apoyo, sacrificio, esfuerzo y paciencia que han tenido conmigo durante estos años de universidad.

Agradecer a los profesores que me ayudaron y aportaron sus conocimientos durante mi carrera universitaria.

A mis compañeros y a mi generación “Los Charlatanes”, por ser una familia que estuvo en las buenas y en las malas, y sin ellos no hubiera sido igual.

A mis amigos Yorgan, Ramón, Adrián, Estuar, Alexander, Amoín y Edwin quienes me han apoyado y ayudado durante todo este tiempo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Objetivo General	5
1.2. Objetivos Específicos	5
1.3. Justificación	6
2. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. Aspectos generales del café	7
2.1.1. Taxonomía	8
2.1.2. Características botánicas	8
2.1.4. Morfología de la planta	9
2.2. Reguladores de crecimiento.....	15
2.2.1. Auxinas.....	15
2.2.2. Citoquininas.....	16
2.2.3. Giberelinas	16
2.2.4. Ácido abcísico (ABA)	17
2.2.5. Etileno	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1. Descripción del lugar de estudio	20
3.1.1. Características de la zona	20
3.2. Manejo Agronómico	21
3.3. Condiciones experimentales	21
3.4. Descripción de los tratamientos	21

3.5.	Establecimiento del ensayo.....	24
3.6.	Descripción de la unidad experimental y área experimental.....	26
3.7.	VARIABLES CUANTITATIVAS EVALUADAS	27
3.8.	VARIABLES CUALITATIVAS EVALUADAS	27
3.9.	Modelo estadístico y diseño experimental.....	28
3.10.	Especificación de diseño de los tratamientos.....	29
3.11.	Plan de análisis exploratorio y pruebas de supuestos.....	29
3.12.	Identificación de unidades experimentales.....	29
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1.	Efecto de los tratamientos.....	31
4.1.1.	Longitud radicular	31
4.1.2.	Longitud de tallo	34
4.1.3.	Grosor de tallo	36
4.1.4.	Número de hojas	37
4.1.5.	Área foliar	39
4.1.6.	Número de nudos	40
4.1.7.	Peso fresco de la parte aérea y raíz	42
4.1.8.	Peso seco de la parte aérea y raíz	45
4.2.	Evaluación de productores.....	47
4.3.	Análisis de costos	48
5.	CONCLUSIONES.....	50
6.	RECOMENDACIONES.....	51
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	52
8.	ANEXOS	60

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TITULO	PÁGINA
1	Registros promedio de las condiciones climáticas para la zona de Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	20
2	Identificación de los tratamientos utilizados en el almácigo de café. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	22
3	Composición química del producto Green Sol 48 [®] . Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	23
4	Composición química del producto Green Sol 70 [®] . Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	24
5	Fechas de aplicación, observaciones, muestreos y mediciones de los tratamientos. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2017 - 2018.	25
6	Descripción de las variables cuantitativas evaluadas. Laboratorio de Análisis Agronómicos, Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos, 2018.	27
7	Resultados promedio de cada variable estudiada de acuerdo a su tratamiento. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	31
8	Costos de mantenimiento por planta de almácigo de café de la variedad Obatá en Coopronaranjo R.L. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	49
9	Costos de mantenimiento para 124.000 plantas de almácigo de café de la variedad Obatá en Coopronaranjo R.L. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	TITULO	PÁGINA
1	Estructura y partes generales de una raíz de dicotiledónea (Similar al café).	13
2	Distribución de raíces de una planta de café.	14
3	Unidad experimental para la evaluación de los promotores de enraizamiento. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	26
4	Área experimental para la evaluación de los promotores de enraizamiento. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	26
5	Tabla de contingencia utilizada por los caficultores para la evaluación de los diferentes tratamientos del ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	28
6	Ejemplo de rotulación de unidad de observación de la investigación. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	30
7	Efecto promedio de los tratamientos sobre la longitud radicular durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	32
8	Formación de raíces laterales en planta con el tratamiento Green Sol 70 [®] al 100%. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	33
9	Efecto promedio de los tratamientos sobre la longitud de tallo durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	35
10	Efecto promedio de los tratamientos sobre el grosor de tallo durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	36

11	Efecto promedio de los tratamientos sobre el número de hojas durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	38
12	Efecto promedio de los tratamientos sobre el área foliar durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	39
13	Efecto promedio de los tratamientos sobre la cantidad de nudos durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	41
14	Efecto promedio de los tratamientos sobre el peso fresco de la parte aérea de la planta durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	42
15	Efecto promedio de los tratamientos sobre el peso fresco del aparato radicular durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	44
16	Efecto promedio de los tratamientos sobre el peso seco de la parte aérea de la planta durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	46
17	Efecto promedio de los tratamientos sobre el peso seco del aparato radicular durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	46
18	Análisis de conglomerados para los diferentes tratamientos evaluados por los caficultores. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.	48

RESUMEN

Este estudio evaluó la calidad de las plantas de almácigo de café (*Coffea arabica* L.) en respuesta a la aplicación de dos promotores de enraizamiento (Green Sol 48[®] y Green Sol 70[®] de BioAgro[®]) en tres diferentes dosificaciones. Las variables utilizadas como indicadores de respuesta fueron: longitud radicular, longitud de tallo, grosor de tallo, número de hojas por planta, área foliar, número de nudos en el eje ortotrópico, peso fresco de la parte aérea, peso fresco de la raíz, peso seco de la parte aérea y peso seco de la raíz. Adicionalmente, un grupo de productores realizaron una valoración cualitativa de los mejores tratamientos. La evaluación de los productos inició en noviembre del año 2017 y se extendió hasta febrero del 2018 en las instalaciones de Coopronaranja R.L ubicadas en Naranja, Alajuela, Costa Rica. Se emplearon 280 plantas de café de la variedad Obatá, donde la unidad experimental estuvo compuesta por cuatro plantas. Cada tratamiento contó con diez repeticiones, para un total de 70 unidades experimentales. La distribución de las unidades experimentales se realizó de manera aleatoria en el terreno donde se ubicaron las plantas de almácigo. En forma general los tratamientos Green Sol 70[®] en dosis comercial y Green Sol 48[®] al 50% mostraron una mejor respuesta en la calidad de las variables estudiadas con respecto al Testigo. De acuerdo a una estimación de costos, la aplicación de los tratamientos a las dosis establecidas generaría un incremento en el precio de mantenimiento por planta, pero acortaría el tiempo para trasplantar a campo y mejoraría la calidad de las variables estudiadas.

Palabras clave: Almácigo, Hormonas, Reguladores de crecimiento, Green Sol 48[®], Green Sol 70[®] y Coopronaranja.

ABSTRACT

This study evaluated the quality of coffee seedling plants in response to the application of rooting promoters (Green Sol 48[®] and Green Sol 70[®] from BioAgro[®]), at three different doses each. The variables used as response indicators were: root length, stem length, stem thickness, number of leaves, leaf area, number of knots, fresh weight of the aerial part, fresh weight of the root, dry weight of the part aerial and dry weight of the root. Additionally, a group of producers made a qualitative assessment of the best treatments. The evaluation of the products began in November of the year 2017 and extended until February 2018 in the facilities of Coopronaranjo R.L located in Naranjo, Alajuela, Costa Rica. We used 280 coffee plants of the Obatá variety, where the experimental unit was composed of four plants; each treatment had ten replications, with the experimental area being 70 experimental units. The distribution of the experimental units was carried out randomly in the land where the nursery plants were located. In general, the Green Sol 70[®] treatments in commercial doses and 50% Green Sol 48[®] showed a better response in the quality of the variables studied with respect to the Control. According to an estimate of costs, the application of the treatments at the established doses would generate an increase in the maintenance price per plant, but it would shorten the time to transplant to the field and improve the quality of the variables studied.

Keywords: Seedling, Hormones, Growth regulators, Green Sol 48[®], Green Sol 70[®], Coopronaranjo.

1. INTRODUCCIÓN

El café alrededor del mundo es un cultivo que ofrece materias primas de mayor comercialización y del cual según Bunn y colaboradores (2014), alrededor de 100 millones de personas dependen directa o indirectamente. Recientemente, los cambios drásticos en los precios y disminución en los niveles de producción impactan de forma negativa la subsistencia de los productores. A pesar de ello, el café sigue siendo el producto tropical de mayor mercantilización en el mundo.

En Costa Rica la distribución y venta de café está únicamente dada por el sector privado, pero con la supervisión y control del Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE 2017).

Según el MAG (2016), la extensión de áreas cultivadas con café en Costa Rica corresponde a 84.133,1 hectáreas, comprendidas por aproximadamente 22.600 fincas en su mayoría de pequeños productores. Jeffrey (2003) explican que el 75% de estas fincas tienen una extensión menor a diez hectáreas y son trabajadas por grupos familiares. Aunque la extensión de este sector en Costa Rica es poca en comparación con otros países productores en América como Colombia con 931.000 hectáreas (AFP 2017) o Brasil con 1,9 millones de hectáreas (Bejarano 2016), lo que caracteriza el mercado nacional es la capacidad de producir un café de alta calidad a nivel de taza.

Los rendimientos de producción según investigaciones realizadas a través de los años rondan entre las 20 y 25 fanegas por hectárea, pero el caficultor debe invertir una cantidad considerable de dinero en insumos para mantener esa producción (ICAFFE 2017). Por ejemplo, se estima que el costo de producción de un productor pequeño es de aproximadamente 250.000 colones por hectárea, donde dentro de la estructura de costos, los fertilizantes representan un 54% del costo total (experiencia personal).

El sector cafetalero, con el afán de incrementar la producción promedio en el país, ha incluido nuevas variedades resistentes a plagas y enfermedades y con

producciones superiores a las cultivadas actualmente. Una de estas variedades es la Obatá (Sarchimor), la cual proviene del cruce de un Timor Híbrido 832/2 x Villa Sarchí CIFC 971/10 liberado en Brasil por el Instituto Agronómico de Sao Paulo en el año 2000 y evaluado, validado y liberado comercialmente en 2014 en Costa Rica por el Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE 2017).

El Obatá es un cultivar de porte bajo, con un color de brote verde de las hojas, vigoroso y de producción alta, que se adapta a zonas bajas (700-1000 m.s.n.m), de media altura (1000-1300 m.s.n.m.) y zonas altas (1300-1600 m.s.n.m.). La calidad organoléptica es similar a la de Caturra y Catuai (ICAFE 2014).

Además, es una variedad que se puede sembrar a una densidad de 5000 a 6000 árboles por hectárea. Tiene una alta demanda nutritiva y es sensible a periodos largos de sequía, pero con la gran ventaja que al día de hoy es una variedad resistente a la roya (*Hemileia vastatrix*) (ICAFE 2017).

Otro aspecto que se debe considerar para un incremento en la producción y cumplir con los requerimientos de las nuevas variedades, es la nutrición desde la etapa de almácigo, porque a partir de este punto es donde se garantiza un apropiado establecimiento cuando la planta esté lista para trasplantar a campo. Una adecuada nutrición disminuye la probabilidad de enfermedades y favorece mayores rendimientos, pero es uno de los aspectos que más impacta al bolsillo del productor.

La absorción de los nutrientes a nivel de la planta, está ligada a un buen sistema radical y consigo mayor asimilación de los mismos para crecer de forma sana. Con la aplicación de reguladores de crecimiento de origen sintético la asimilación de los nutrimentos se mejora y además ayuda al desarrollo de la planta.

La utilización de reguladores de crecimiento en plantaciones de café tiene poca investigación. El producto comercial "Rooting[®]" ha sido uno de los más utilizados en los últimos años en plantas de café, debido a su formulación con auxinas y citoquininas (Baz *sf*). De acuerdo con el fabricante, Rooting[®] se enfoca en

estimular y mantener el sistema radicular de cultivos como: café, cítricos, hortalizas y piña. La investigación y desarrollo de insumos con carácter estimulante en el desarrollo de raíces en los almácigos de café, se convierte en una necesidad para brindarle a los caficultores nuevas opciones en cuanto a calidad y precio.

Por ende el propósito del presente trabajo de investigación es el evaluar algunos productos comerciales con reguladores de crecimiento y la dosis adecuada que permitan obtener mejor crecimiento y mayor cantidad de raíces de las plantas en los almácigos.

1.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de Green Sol 48[®] y Green Sol 70[®] promotores de enraizamiento en el desarrollo y enraizamiento de almácigo de café (*Coffea arabica* L. cv. Obatá) en Naranjo, Alajuela, Costa Rica.

1.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de Green Sol 48[®] y de Green Sol 70[®] sobre el desarrollo radical y parte aérea de la planta de café a nivel de almácigo.
- Evaluar los efectos de Green Sol 48[®] y Green Sol 70[®] bajo tres dosis de aplicación según recomendaciones del fabricante: 50%, 100% y 150%.
- Estimar los costos de producción bajo la mejor recomendación técnica para el mantenimiento del almácigo de café var. Obatá.

1.3. Justificación

En la actualidad del sector cafetalero es preocupante, el bajo precio de venta de café, las enfermedades que han afectado a los cafetales, además de los altos precios en los insumos necesarios para controlar las enfermedades y mantener una producción regular, han disminuido la producción nacional en un 15% (Barquero 2017). Debido a ello se desea buscar alternativas para reducir la cantidad de enfermedades y con esto asegurar mejores condiciones, elevar producciones y poner de nuevo al sector en los primeros puestos en cuanto a calidad en el mercado internacional.

La nutrición y cuidado en general de los almácigos son fundamentales para obtener plantas sanas y adecuada producción en su estado adulto, por lo que se desea conocer si la aplicación de los promotores de crecimiento Green Sol 48[®] y Green Sol 70[®] resultan en una mayor producción de raíces y por ende mayor absorción de nutrientes para la planta en la etapa de almácigo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales del café

El café se cultiva aproximadamente en 80 países a nivel mundial. Tanto en países tropicales como subtropicales, es uno de los productos primarios de mayor valor a nivel comercial (Clay 2004). Según Onzima y colaboradores (2002) el área cultivada por café en todo el planeta se aproxima a los 13,2 millones de km².

El origen del café arábico se da en Etiopía, lugar donde se cultivó por primera vez en zonas montañosas cerca de Sudán este tipo de café crece de manera silvestre por encima de los 1500 m.s.n.m (León 2000). Este cultivo se introdujo al continente americano a inicios del siglo XVIII, cuando desde Ámsterdam enviaron unas plantas hacia Surinam. Luego otras plantaciones fueron trasladadas desde París hacia las islas de Martinica y de este punto se expandieron hasta Brasil. A inicios del siglo XIX se terminó de propagar por toda América tropical (Anthony *et al.* 1999).

El sector cafetalero según Rutherford (2006) es una fuente de suma importancia en cuanto a la generación de empleo en los países productores. Onzima y colaboradores (2002) mencionan que entre el 5% y 10% de la población del mundo depende de este sector. Autores como Clay (2004) y Donald (2004) afirman que cerca de 25 millones de personas tienen una influencia directa en la producción y alrededor de 75 millones son indirectamente dependientes del café para poder subsistir.

Actualmente la bebida de café es consumida por más de la tercera parte de la población mundial. Con el fin de suplir la demanda y gustos de los consumidores, se han buscado nuevas variedades para lograr una mayor producción, resistencia a plagas, enfermedades y una taza con excelentes cualidades organolépticas.

2.1.1. Taxonomía

De acuerdo a Robbrecht y Puff, citados por Davis y colaboradores (2006) el café pertenece a la familia Rubiaceae, subfamilia Ixoroideae, tribu Cofeeae DC, y sus géneros son: *Coffea* y *Psilanthus* Hook.F.

Según Rojo y Pérez (2014) la familia de las rubiáceas es un grupo donde hay más de 500 géneros y aproximadamente 6000 especies; con características de árboles y arbustos donde en su mayoría son autóctonos de África y algunos de islas del Océano Índico; además estos mismos autores señalan que el género *Coffea* cuenta con más de 124 especies de tipo leñosas, con hojas elípticas, acabadas en punta y por pares, además presentan pecíolos cortos y estípulas, las hojas suelen ser de color verde lima o verde oscuro, mientras que los frutos son drupas con un epicarpio carnoso y doble semilla

Existen diferentes especies de café, entre ellas: *Coffea arabica*, *C. canephora*, *C. liberica*, entre otras, pero la de mayor importancia en el país por sus características de producción, de adaptación climática y organolépticas, es la *C. arabica* (Rojo y Pérez 2014). En los principales países productores se utilizan dos especies: *C. arabica* (arábica) con un 59% de la participación mundial y *C. canephora* (robusta), con un 41% durante la cosecha 2014-2015. El crecimiento en las plantaciones de robusta se debe principalmente para satisfacer el mercado interno de cada país que lo cultiva, mientras que las plantaciones de arábica se utilizan para exportación, debido a sus excelentes características organolépticas.

2.1.2. Características botánicas

Autores como Rojo y Pérez (2014), mencionan que *Coffea arabica* es un arbusto grande que puede llegar a alcanzar los cinco metros de altura, con hojas ovaladas y con un tono verde oscuro brillante; las flores son blancas y dispuestas en racimos, la floración se da luego del periodo de lluvias y sus frutos verdes y ovalados, se vuelven rojos cuando maduran en un tiempo aproximado de siete a nueve meses. Esta es la especie que se encuentra cultivada en todo el territorio nacional.

Por otra parte *Coffea canephora*, según Méndez (2011), es un árbol que se puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 1000 m.s.n.m., con hojas anchas de bordes orlados o lisos, de forma oblonga-elíptica y acunada en su base; tiene flores blancas en dos racimos axilares sésiles y su fruto es una baya elipsoide de menor tamaño que *C. arabica*.

2.1.3. Genética del café

Según Regalado (2006) el género *Coffea* de acuerdo al número cromosómico se puede dividir en dos grupos: el más grande conformado por especies diploides como: *C. canephora*, y *C. liberica*; y el tetraploide donde se ubica *C. arabica*.

León (2000) señala que *C. arabica* es una especie alotetraploide debido a un cruce natural interespecífico entre dos especies diferentes con un número básico de cromosomas ($x=11$). Monge y Guevara (2000), explican que esas dos posibles especies parentales son *C. eugenioides* y *C. congensis*, debido a su afinidad fenotípica.

Otros autores como Lashermes y colaboradores (2000) señalan que más bien *C. arabica* es una especie anfidiplóide, debido a una hibridación natural entre especies diploides (*C. canephora* y *C. eugenioides*).

2.1.4. Morfología de la planta

2.1.4.1. Tallo y ramas

Su conformación principal es un tallo o eje central, el cual puede tener dos tipos de crecimiento: uno vertical y el otro lateral. El crecimiento vertical u ortotrópico, se origina por una plúmula en el ápice que se alarga durante toda la vida de la planta y de esta manera forma el tallo central, nudos y entrenudos. Por otra parte, el crecimiento lateral o plagiotrópico se origina de unas yemas que se forman en las axilas superiores de las hojas donde en cada axila se vuelven a formar dos o más yemas una sobre las otras dando origen a las ramas laterales que crecen horizontalmente (Monroig 2001).

Para el caso de la yema apical, en caso de muerte por causa de algún ataque de plagas, enfermedades o nutricionales se activan las yemas accesorias y por ende la formación de nuevos brotes. Estas yemas crecen primero en forma horizontal, luego se doblan y crecen verticalmente dando origen a una rama ortotrópica, pero también la formación de hojas y ramas laterales. Es por ello que se dice que el café exhibe un dimorfismo único en cuanto a su crecimiento vegetativo (Monroig 2001).

2.1.4.2. Hojas

Según Sotomayor y Duicela (1993) las hojas son el principal órgano donde se realiza la respiración, transpiración y la fotosíntesis. Estas aparecen en las ramas laterales en un mismo plano y opuestas, poseen un pecíolo corto, su lámina es fina, fuerte y ondulada; normalmente son hojas de forma lanceolada (Monroig 2001).

Arcila y colaboradores (2007) afirman que las hojas se originan a partir de la yema apical como una protuberancia formada de varias capas de células, las cuales por medio de una serie de divisiones en una de las tres capas celulares de la yema apical se transforman en otra protuberancia hasta su formación. Estos autores también mencionan que el área promedio de una hoja es aproximadamente de 30 cm² a 40 cm² y que su formación a lo largo del año va a depender de factores climáticos como la radiación y disponibilidad de agua.

2.1.4.3. Inflorescencia

Son pequeñas flores de color blanco y con un olor muy agradable, por lo general aparecen a los dos o tres años dependiendo de la variedad. Las mismas nacen en las axilas de las hojas que se encuentran en las ramas laterales, pero cabe destacar que la florescencia no alcanza su tope hasta el cuarto o quinto año de producción. A la inflorescencia del café se le conoce como una cima de eje corto, con una cantidad variable de flores (para el caso de la especie *C. arabica* es de dos a nueve flores). Las inflorescencias tienen una particularidad, y es que se forman en el tejido producido en el año anterior (Monroig 2001).

2.1.4.4. Fruto

Es una drupa de forma ovalada, que contiene dos semillas plano convexo separado por un surco interno del ovario. El fruto al inicio es de color verde, luego se torna amarillo y cuando está maduro es rojo o amarillo de acuerdo a la variedad, además de acuerdo a su especie el tiempo de maduración varia, por ejemplo: para *C. arabica* va de los seis a los ocho meses, para *C. canephora* de los nueve a los once meses y para *C. liberica* tarda de los once a los catorce meses (Monroig 2001).

2.1.4.5. Sistema radicular

Para Arcila y colaboradores (2007) en el cultivo de café el mayor número de raíces absorbentes se localizan en los primeros 30 centímetros de profundidad y se extiende entre 1,0 y 1,5 metros desde el tallo principal. En estos primeros 30 centímetros se encuentran el 86% de las raíces absorbentes y un 90% de las raíces totales de la planta. Esta información concuerda con lo expuesto por Solís (2017), donde en una caracterización del sistema radicular del café de la variedad Caturra explica que las raíces más finas y gruesas se encuentran en los primeros 12,5 centímetros desde el tronco y conforme se acerca a la periferia de la planta las raíces empiezan a decrecer.

Además, Valencia (2005) menciona que un sistema radicular óptimo debe de tener gran cantidad de raíces absorbentes, finas, blancas y sanas, tal como lo señala Solís (2017), donde en los primeros centímetros y cerca de la base del tronco (raíces jóvenes) presentaban dichas características y que de no mostrar esas tipologías la planta podría sufrir de amarillamiento, ataques de manchas de hierro y caída de hojas.

El crecimiento de las raíces absorbentes depende de factores como genética, ambiente físico y químico del suelo y efectos climáticos a nivel de campo, pero también es de suma importancia y determinante, el manejo que se da en el almácigo y el cuidado a la hora del trasplante al campo (Anacafé 2017).

Las raíces son de mucha importancia en el cultivo de café, porque de ellos dependen el crecimiento y producción de la planta. La raíz está encargada del anclaje, la absorción y transporte de agua y minerales al resto de la planta, además en éste órgano se pueden sintetizar algunas hormonas como citocininas y giberelinas (Arcila *et al.* 2007).

2.1.4.6. Origen de la raíz

En plantas angiospermas y gimnospermas el desarrollo del sistema radicular comienza a partir de un meristemo localizado en la base del hipocótilo del embrión. La primera estructura que aparece cuando se da la germinación es la radícula o raíz primaria, que luego crece de manera vertical hacia abajo. La raíz pivotante es donde se generan ramificaciones laterales. A este conjunto de raíces laterales se le denomina sistema radical fibroso (Flores 2014).

2.1.4.7. Estructura de la raíz

En la Figura 1 se muestra la estructura básica de una raíz. El dibujo de la izquierda constituye la formación de los pelos radicales en la zona de maduración y superior a ellos se producen las raíces laterales en una raíz de dicotiledónea, además la imagen del centro corresponde a una fotomicrografía de la caliptra y finalmente el dibujo de la derecha representa el meristemo apical de la raíz, el cual consiste en un centro de división celular lento, debajo de él se encuentran regiones de división más rápidas conformados por la protodermis, procámbium y meristemo fundamental y superior a estos las regiones de elongación y maduración celulares (Nabors 2005).

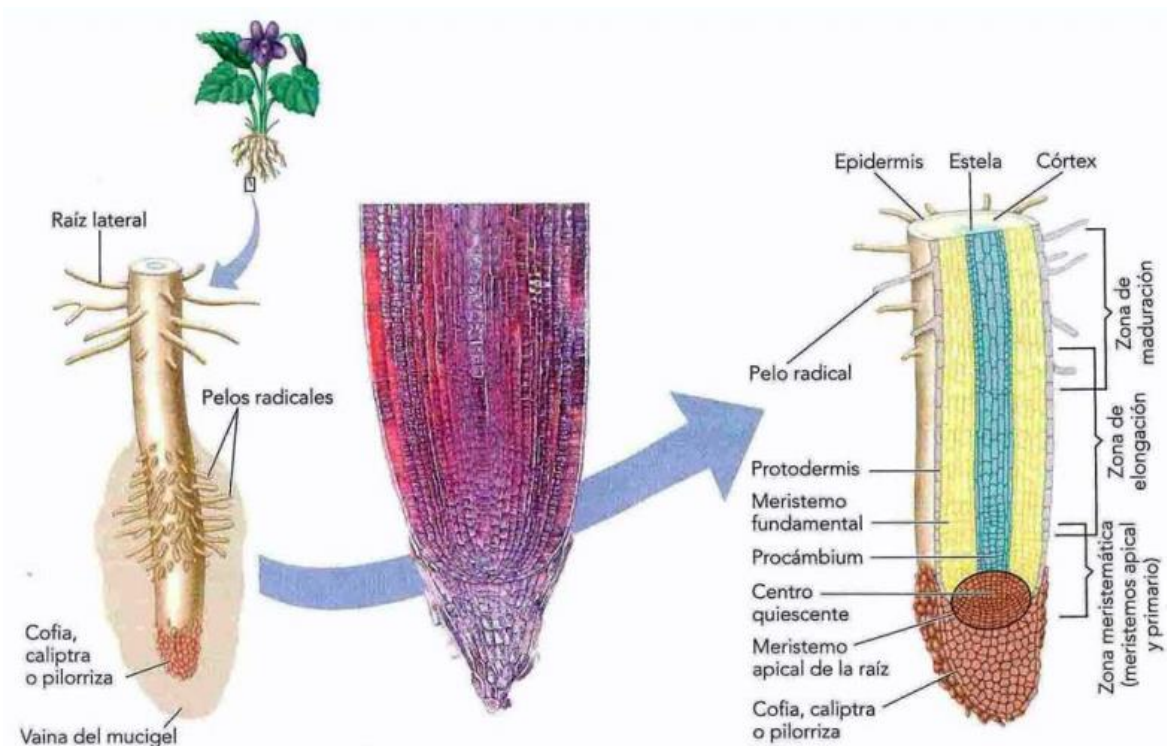


Figura 1. Estructura y partes genciales de una raíz de dicotiledónea (Similar al café). Fuente: (Nabors, 2005)

2.1.4.8. Distribución radicular en el suelo

Según Arcila (2007) las raíces laterales se distribuyen de manera diversa en el suelo y se pueden clasificar en cuatro tipos (Figura 2):

1. Raíces laterales superficiales: son las que crecen de manera horizontal hasta 1,5 metros del tronco y por lo general se ramifican en el suelo en todas direcciones.
2. Raíces laterales sub superficiales: estas no crecen de manera paralela a la superficie del suelo y por el contrario se desarrollan a profundidades mayores, pero también ramificándose en todos los planos.
3. Raíces portadoras de raíces absorbentes: están distribuidas de forma uniforme aproximadamente a unos 2,5 centímetros de las raíces permanentes, son cortas y muy numerosas en la parte superficial.
4. Raíces absorbentes: al igual que las raíces portadoras su distribución es uniforme, se pueden encontrar a cualquier profundidad, pero hay más en la capa superficial.

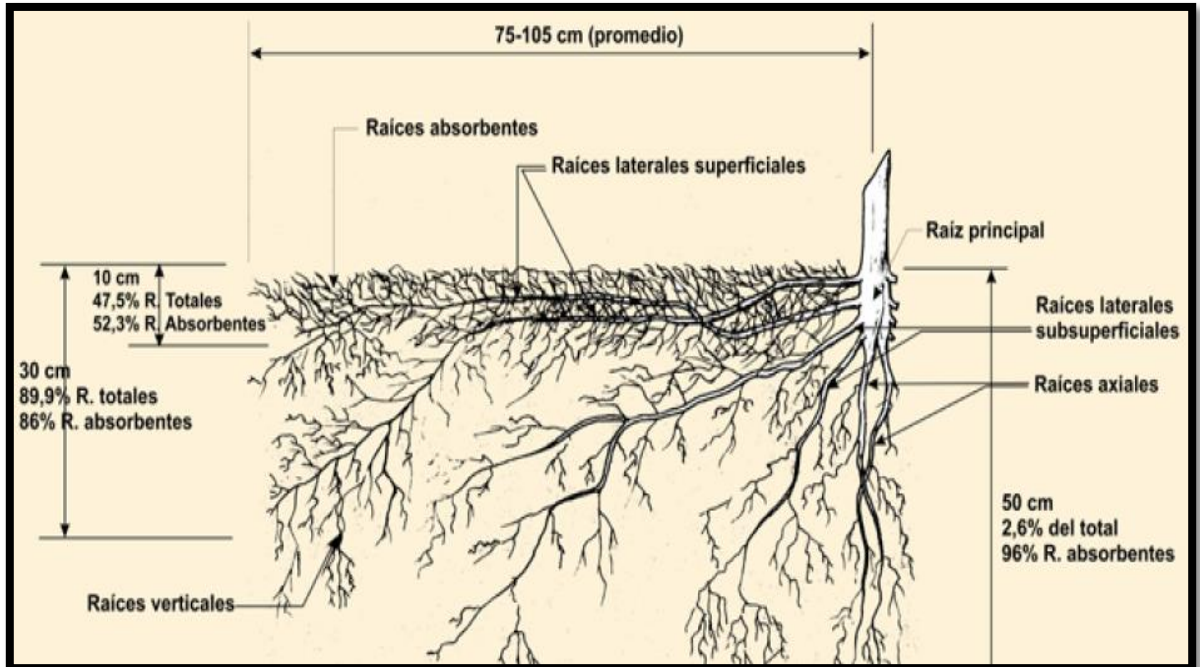


Figura 2. Distribución de raíces de una planta de café. Fuente: (Arcila *et al.* 2007)

Teniendo presente los tipos de raíces que podemos encontrar en las plantas de café hay que comprender que el sistema radical va a depender en su gran mayoría de factores que podemos encontrar en el ambiente donde se logra desarrollar la raíz. Características genéticas, por ejemplo, están ligadas a la especie y puede determinar el desarrollo de la raíz pivotante y sus ramificaciones laterales (Kass 2007).

Otros factores que pueden limitar el crecimiento de la raíz y especialmente en el caso de los almácigos es la calidad del suelo, retención de agua y nutrientes, estructura, textura y porosidad que posea, debido a que si son suelos que no cumplan con las características adecuadas, el desarrollo radicular será pobre y al momento del trasplante la planta no será lo suficientemente eficiente para poder desarrollarse y por consiguiente sus producciones serán bajas (Lakshmanan y Robinson, citados por Punpee (2015)).

La distribución y morfología radical, también son dependientes de la genética y condiciones de manejo de la planta. La regulación, control y respuesta de la

planta ante el ambiente, en parte es dado por la interacción de los reguladores de crecimiento, los cuales modulan el crecimiento y desarrollo de la planta, tanto apical como radical (Saborío 2002).

2.2. Reguladores de crecimiento

Los reguladores de crecimiento son los encargadas de participar en diversas respuestas morfogénicas y del crecimiento plagiotrópico, o sea que una misma hormona puede participar en diversos procesos, ya sea de forma estimuladora o inhibitoria para la planta (Lluna 2006).

La síntesis de fitohormonas es totalmente diferente a las hormonas en animales, ya que las hormonas vegetales pueden darse en un órgano en específico (Herrera *et al.* 2006). En muchos de los casos, por ejemplo las citoquininas se producen en los ápices de las raíces un lugar diferente donde se encarga de sintetizar, por ello hay hasta dos tipos de transporte: el primero es la translocación localizada, donde se utiliza la corriente citoplasmática dentro de la célula y la difusión lenta de iones; y el segundo transporte para hormonas a lugares más alejados es mediante los haces vasculares (tubos cribosos llevan azúcares desde las hojas y hasta las raíces; y el xilema agua y nutrientes de la raíz hasta los demás órganos) (Hossain 2014).

Entonces un regulador de crecimiento se puede definir como una sustancia natural o sintética que en pequeñas cantidades modifican, inhiben o aceleran los procesos de crecimiento y desarrollo de la planta (Zapata 2013). De acuerdo a la estructura y función de los reguladores del crecimiento se han clasificado en cinco principales grupos, los cuales se expondrán a continuación (Salisbury 1988).

2.2.1. Auxinas

Son un grupo de hormonas que regulan en variados aspectos el desarrollo y crecimiento de las plantas; la forma predominante en todas las plantas es mediante el ácido indolacético (IAA) (Jordán y Casaretto 2006).

Las auxinas se encuentran principalmente en secciones de la planta donde los procesos de división celular son más activos, por esta razón es que se les

relaciona con la elongación de tallos, formación de raíces adventicias, inducción floral, diferenciación floral y la promoción de la dominancia apical. Por lo general el transporte de las auxinas va en el sentido del eje longitudinal de la planta, se alejan del punto apical hacia la base y en el sentido contrario desde la raíz (Cruz *et al.* 2010).

Según Theologis (1986), los efectos que generan las auxinas se pueden dividir en dos categorías: una respuesta rápida, por ejemplo la elongación celular en un periodo de 10 minutos a 25 minutos; y la respuesta a largo termino como: la división celular, diferenciación y morfogénesis que ocurren en horas o días.

2.2.2. Citoquininas

Son hormonas vegetales que su principal función es la de estimular la división celular en tejidos no meristemáticos. Son producidas en zonas de crecimiento como los meristemas de las puntas de las raíces, pero las mayores concentraciones se dan en embriones y frutas en desarrollo, ya que sufren una rápida división celular (Cruz *et al.* 2010).

Existen dos tipos de citoquininas: las de origen natural que se derivan de las purinas; y las de origen sintético derivado de la difenilurea. La diferencia radica en la concentración requerida, siendo las sintéticas más potentes que las naturales, pero ambas ligadas a la presencia o ausencia de las auxinas para cumplir con su rol fisiológico (Contreras 2010)

Según Jordán y Caseretto (2006) las citocininas se encuentran tanto en floema como en xilema, y una alta presencia de las mismas en la planta indica un déficit de nutrientes en el suelo. Además, estos mismos autores citan que algunos de los efectos fisiológicos que promueve la biosíntesis de citocininas son: división celular, iniciación de brotes, organogénesis y androgénesis, retrasan la senescencia y activan las yemas laterales en dormancia.

2.2.3. Giberelinas

Es el grupo más numeroso de hormonas vegetales que se conoce actualmente y las más reconocida es el ácido giberélico (GA3). Se sintetizan principalmente en

los primordios apicales de las hojas, puntas de las raíces y semillas en desarrollo (Lluna, 2006). Las giberelinas según Cruz y colaboradores (2010) son productos de lenta metabolización, gran persistencia en la planta y con presencia de altos contenidos en hojas y yemas en activo crecimiento, y en frutos a nivel adulto, pero de bajos niveles en raíces debido a que los intermediarios que están en el floema son afectados por el fotoperiodo y condiciones de bajas temperaturas.

Las giberelinas tienen muchos efectos en las plantas, pero el más importante es que se encarga de inducir el crecimiento en la altura de la planta, además otros efectos es la promoción en el desarrollo súbito de inflorescencias y la floración, además de la germinación en semillas (Jordán y Casaretto 2006).

Algunos de los usos en la actualidad en diversas plantaciones de este tipo de hormona, ya sean naturales o sintéticas son para aumentar producciones, por ejemplo: incremento del tamaño de las uvas en viñedos, aumento de la malta mediante efectos promotores de la digestión de almidón por parte de las giberelinas y la elongación del tallo de la caña de azúcar (Lluna 2006).

2.2.4. Ácido abscísico (ABA)

Es un inhibidor del crecimiento que está en estado natural en las plantas, posee 15 carbonos y es producido a partir del ácido mevalónico en cloroplastos y otros plastidios. Hay muchos usos prácticos para el ABA, por ejemplo: en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*), es fundamental en la maduración y senescencia de la fruta, además el ABA se considera como el otro factor de maduración junto con el etileno (Barickman *et al.* 2016).

La biosíntesis tiene lugar en semillas, frutos, tallos, raíces. Condiciones ambientales de mucho frío, encharcamientos, mucha luz estimulan la producción de ABA en la planta. El transporte es mediante el xilema y floema, es lento y en todas direcciones. Éste ácido puede inhibir el crecimiento, estimular el cierre de estomas, dormición de yemas y semillas, inhibe la producción de enzimas inducibles por giberelinas y puede promover el crecimiento de raíces (Lluna 2006).

2.2.5. Etileno

Es la única hormona vegetal gaseosa, simple y pequeña presente en angiospermas y gimnospermas. Al ser un gas puede desplazarse de manera muy rápida por los tejidos mediante difusión, además su síntesis se induce por etileno endógeno o exógeno, y aumenta con niveles altos de auxinas y citocininas. El etileno por otra parte es inhibida por el ABA (Cruz *et al.* 2010).

El etileno se sintetiza en todos los órganos de la planta, pero mayoritariamente en tejidos senescentes y frutos inmaduros, autores como Saborío (2002), menciona que su síntesis se da a partir del aminoácido metionina y se promueve por aplicaciones exógenas de auxinas, daños físicos o químicos e incluso por estrés hídrico o de temperatura.

Según Cruz y colaboradores (2010), al etileno se le considera como la hormona de la maduración, pero además induce la expansión celular lateral, inicia la germinación de semillas, inhibe el crecimiento de la raíz y favorece la senescencia de las hojas.

Actualmente, existe un sistema de respuesta que hace que los reguladores de crecimiento sean específicos y activos, y está compuesto por tres puntos: 1) debe encontrarse en las cantidades adecuadas, 2) debe ser reconocido por los receptores de las células blanco y 3) la presencia de mecanismos de amplificación de las señales del mensajero hormonal (Herrera *et al.* 2006).

Además, los reguladores del crecimiento son utilizados para tener una mejor producción en las plantaciones y mejorar diversos aspectos en la planta. Por ejemplo, en México se han utilizado en la producción de chile habanero (*Capsicum chinense Jacq*), para aumentar la floración y amarre del fruto (Ramírez *et al.* 2005). Sin embargo, se debe tener presente que con el uso de estos productos hay que ver el proceso que se quiere modificar, cuándo realizarlo, cuáles son los productos indicados para lo que se busca, la dosis indicada y qué efectos secundarios podría tener (Díaz 2002).

A nivel comercial, diferentes empresas ofrecen productos con reguladores de crecimiento como ingrediente activo.

El uso por ende de reguladores de crecimiento en la producción de almácigos de café podría verse beneficiada en calidad, rendimiento o tiempo, si alguno de los productos comercialmente se encuentra en el mercado y ofrecen ventajas competitivas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del lugar de estudio

El lugar de estudio se encuentra en Alajuela, Naranjo, Costa Rica, entre las coordenadas geográficas 10° 6` 0" norte y 23` 0" oeste, a una altura de aproximadamente 1045 m.s.n.m. El ensayo se realizó a partir del mes de noviembre de 2017 y hasta el mes de febrero del 2018, en las instalaciones del Almacén de Suministros de COOPRONARANJO R.L, donde están ubicados los almácigos.

3.1.1. Características de la zona

Durante todo el año presenta dos estaciones de precipitación bien definidas: una seca y otra lluviosa. Gracias a estas condiciones la producción promedio que presenta la zona de Naranjo es de aproximadamente 80.000 a 100.000 de fanegas, con una calidad de bebida excelente (ICAFE 2017).

3.1.1.1. Clima

La zona de estudio se caracteriza por tener un clima fresco y húmedo. A continuación, se muestra el Cuadro 1 donde se resumen las características climáticas promedio por mes de importancia para el cultivo de café

Cuadro 1. Registros promedios de las condiciones climáticas para la zona de Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Naranjo, Alajuela			
Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Lluvia acumulada (mm)	Viento (km/h)
21,03	82,3	156,42	2,05

Fuente: (Elaboración propia con datos del ICAFE 2018)

3.1.1.2. Altura y suelos

Esta zona ubicada en el Valle Occidental reúne las condiciones ideales para el cultivo, ya que presenta características tales como: suelos volcánicos (muy fértiles), un porcentaje alto de humedad y una cantidad de lluvia considerable por

mes durante todo el año. Además, presenta un adecuado ingreso de luz solar (48% y 52%), teniendo consigo un promedio de 2250 horas anuales. Aunado a eso las altitudes entre los 800 a los 1700 m.s.n.m. favorecen al cultivo (ICAFFE 2017).

Por el tipo de suelos presentes en Naranjo, las variedades predominantes son: Catuaí, Caturra, Catimor, Villa Sarchí y nuevas variedades de mayor producción, excelente taza y resistentes a plagas y enfermedades como el Obatá, que se están sumando actualmente (ICAFFE 2017).

3.2. Manejo Agronómico

El ensayo se realizó en almácigos de café sembrados en bolsas de 8 cm x 10 cm, con dos ejes por punto de siembra de la variedad Obatá.

El manejo del almácigo estuvo a cargo del personal técnico de la cooperativa, quiénes se encargaron de revisar constantemente la humedad del sustrato, nutrición, estado de las bolsas, control de malezas, aplicación de nematicidas, fungicidas, fertilizantes granulares y foliares.

3.3. Condiciones experimentales

En total se utilizaron 280 plantas de almácigo de café de la variedad Obatá con cuatro meses de edad. Además, plantas agrupadas en cuatro correspondieron a la unidad experimental.

3.4. Descripción de los tratamientos

Se evaluó el desarrollo de los almácigos de café a la aplicación de dos promotores de enraizamiento (GreenSol48[®] y GreenSol70[®] de BioAgro[®]) a tres diferentes dosis de cada uno de los productos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Identificación de los tratamientos utilizados en el almácigo de café. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Tratamiento	Producto	Dosis
1	G.S. 48	50%
2	G.S. 48	100%
3	G.S. 48	150%
4	G.S. 70	50%
5	G.S. 70	100%
6	G.S. 70	150%
7	Testigo absoluto	0%

*G.S.: Significa Green Sol (Nombre del producto)

La dosis recomendada de los productos comerciales es de 300-600 gramos/ha aplicados en 200 litros de agua (1,5-3,0 gramos/litro), en plantaciones adultas para ambos promotores. Para el caso del almácigo, se realizó una reducción a una tercera parte, ya que son plantas más pequeñas y requieren menor cantidad de producto. Con dicha conversión se obtuvo que la aplicación de los dos productos fuera de 0,5 gramos/litro (100%), 0,25 gramos/litro (50%) y 0,75 gramos/litro (150%).

Los promotores Green Sol 48[®] y Green Sol 70[®] de la empresa BioAgro[®] son recomendados en cultivos como: piña, melón, frijol, cítricos, hortalizas, caña de azúcar, aguacate y café. Los mismos productos contienen citoquinina y/o giberelina, además de nutrientes (Cuadros 3 y 4).

Green Sol 48[®] contiene por kilogramo de producto comercial 80 gramos de nitrógeno, 200 gramos de fósforo, 200 gramos de potasio, 0,2 gramos de boro, 0,5 gramos de manganeso, un gramo de hierro, 0,5 gramos de zinc, 0,5 gramos de cobre y 0,005 gramos de molibdeno, además de citoquinina y giberelina (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición química del producto Green Sol 48[®]. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Formulación	Concentración
Nitrógeno (N)	8%
Fósforo (P ₂ O ₅)	20%
Potasio (K ₂ O)	20%
Boro (B)	0,02%
Zinc (Zn)	0,05%
Cobre (Cu)	0,05%
Molibdeno (Mo)	0,0005%
Manganeso (Mn)	0,050%
Hierro (Fe)	0,100%
Citoquininas	0,01%
Giberelinas	0,02%
Agente quelatante e inerte	51,6995%
Total	100%

Green Sol 70[®] contiene 100 gramos de nitrógeno, 520 gramos de fósforo, 80 gramos de potasio, 0,2 gramos de boro, 0,5 gramos de manganeso, un gramo de hierro, 0,5 gramos de zinc, 0,5 gramos de cobre, 0,005 gramos de molibdeno por kilogramo de producto comercial, además de citoquininas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Composición química del producto Green Sol 70[®]. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Formulación	Concentración
Nitrógeno (N)	10%
Fósforo (P ₂ O ₅)	52%
Potasio (K ₂ O)	8%
Boro (B)	0,02%
Zinc (Zn)	0,05%
Cobre (Cu)	0,05%
Molibdeno (Mo)	0,0005%
Manganeso (Mn)	0,050%
Hierro (Fe)	0,100%
Citoquininas	0,0175%
Agente quelatante e inerte	29,712%
Total	100%

3.5. Establecimiento del ensayo

A las plantas del almácigo de café de la variedad Obatá, de cuatro meses de edad, se realizó la aspersion de una sola dosis de los promotores de enraizamiento en el mes de noviembre de 2017 con una bomba de espalda de la marca Gurani[®] calibrada para asperjar 50 ml por palancada a la unidad experimental (se aplicó una palancada). Cada vez que se realizaba un cambio de dosis, se efectuaba un triple lavado de la bomba de espalda. Además del producto se agregó a la mezcla el coadyuvante Drexel Pas 80 SL a una concentración de 1 ml/ l de agua.

Las dosis que se empleó para ambos productos fue la especificada en la descripción de los tratamientos.

Posterior a la aplicación, se realizaron dos monitoreos a los 25 días y 56 días para visualizar el estado del almácigo y el efecto que estaban teniendo los productos sobre las unidades experimentales (Cuadro 5).

Cumplido el tercer mes después de la aplicación, se procedió a trasladar el almácigo de las instalaciones de Coopronaranjo R.L al Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos; específicamente al Laboratorio de Análisis Agronómicos donde durante un mes se realizaron los muestreos destructivos para medir longitud radicular, longitud de tallo, grosor del tallo, número de nudos, área foliar, peso fresco y seco de la parte aérea y radicular las plantas.

También se realizó un análisis visual con productores de café de la zona de Naranjo quienes, con ayuda de una tabla de contingencia, evaluaron plantas tratadas con los diferentes tratamientos para dar una calificación de acuerdo a su experiencia.

Finalmente, se efectuó un análisis de los costos de producción del almácigo, con el objetivo de valorar la factibilidad del uso de los promotores de enraizamiento en ese periodo.

Cuadro 5. Fechas de aplicación, observaciones, muestreos y mediciones de los tratamientos. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2017 - 2018.

FECHA	ACTIVIDADES
24/11/2017	Aplicación de los promotores de crecimiento
19/12/2017	Primera observación de las muestras
19/01/2018	Segunda observación de las muestras
5/03/2018	Muestreo final
7/03/2018 al 2/04/2018	Medición radicular, foliar, peso seco
10/03/2018	Análisis visual con productores
27/06/2018	Análisis de costos

3.6. Descripción de la unidad experimental y área experimental

La unidad experimental se compuso por cuatro plantas y cada planta de almácigo correspondió a una unidad de observación. Cada tratamiento se conformó por diez repeticiones, por lo que el área experimental estuvo compuesta por 70 unidades experimentales. Las Figuras 3 y 4 muestran la unidad experimental y el área experimental respectivamente.



Figura 3. Unidad experimental para la evaluación de los promotores de enraizamiento. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.



Figura 4. Área experimental para la evaluación de los promotores de enraizamiento. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

3.7. Variables cuantitativas evaluadas

Las variables evaluadas en el ensayo fueron clasificadas principalmente como de desarrollo vegetativo. En ellas se evaluó el efecto de los tratamientos en las unidades experimentales. Para cuantificar de manera adecuada se hizo mediciones destructivas al finalizar el ensayo con el fin de obtener la información necesaria.

El Cuadro 6 muestra las variables, instrumentos de medidas y observaciones realizadas durante las evaluaciones.

Cuadro 6. Descripción de las variables cuantitativas evaluadas. Laboratorio de Análisis Agronómicos, Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos, 2018.

Variable	Instrumento de medida	Unidad de medida	Observación
Longitud de la raíz	Cinta métrica	Centímetros (cm)	Medición de longitud del sistema radicular
Peso de raíces	Balanza	Gramos (g)	Determinación del peso de raíces
Longitud del tallo	Cinta métrica	Centímetros (cm)	Medición de longitud del tallo
Grosor del tallo	Vernier electrónico	Milímetros (mm)	Medición del ancho del tallo
Peso total de la planta	Balanza	Gramos (g)	Medición final (peso fresco y seco)
Área foliar	Aplicación de celular (Easy Leaf Area Free®, versión 1.02)	Centímetros cuadrados (cm ²)	Medición de ocho hojas al azar

3.8. Variables cualitativas evaluadas

Las variables tamaño, sanidad, color, ramificaciones, grosor de tallo y raíz, las evaluaron caficultores de la zona al final del proyecto. Con dicha información se hizo una tabla de contingencia que valoró y comparó los resultados obtenidos en

los distintos tratamientos, con el fin de determinar mediante la observación y experiencia el mejor tratamiento según el productor. La encuesta se realizó con cinco productores en edades desde los 48 años a 65 años, con más de 30 años de experiencia en el manejo de plantaciones de café. En la Figura 5 se muestra la tabla de contingencia utilizada por los productores.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS PRODUCTOS PROMOTORES DE ENRAIZAMIENTO EN LA CALIDAD DE ALMÁCIGO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L. cv. Obatá), EN NARANJO, ALAJUELA COSTA RICA.

Tratamiento	Tamaño	Sanidad	Color	Ramificaciones	Grosor	Raíz
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

PRODUCTOR _____.

*Calificación del tratamiento del 1 al 5

Dónde:

1: Malo

2: Regular

3: Bueno

4: Muy bueno

5: Excelente

Figura 5. Tabla de contingencia utilizada por los caficultores para la evaluación de los diferentes tratamientos del ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

3.9. Modelo estadístico y diseño experimental

El diseño experimental que se adecuó para la elaboración del proyecto fue el diseño completamente al azar; con 10 repeticiones por tratamiento. El modelo de éste diseño es el siguiente: $Y_i = \mu + T_i + \epsilon_i$

Dónde:

Y_i = Variable de respuesta (Tratamientos de dosis y producto)

μ = Media del ensayo

T_i = Efecto del i – ésimo tratamiento

ε_i = Efecto del error experimental

Para este ensayo el error experimental contó con 63 grados de libertad (69 grados de libertad en el total menos seis grados de libertad en tratamientos).

3.10. Especificación de diseño de los tratamientos

El área experimental se ubicó en un mismo lote, lo que permitió que no hubiera factores como pendiente, división de caminos o separaciones que afectaran los tratamientos. Los tratamientos se colocaron al azar mediante el uso de una tabla de números aleatorios elaborada en Microsoft Excel.

3.11. Plan de análisis exploratorio y pruebas de supuestos

La comprobación de los supuestos de normalidad y homocedasticidad para las variables fisiológicas se efectuaron mediante la Prueba DGC.

Además, se realizó una comparación de los tratamientos mediante Modelos Lineales Generales y Mixtos (MLGM) y la Prueba de Comparación Múltiple de Hotelling con un nivel de significancia de 0,05.

Los análisis se realizaron mediante el paquete estadístico InfoStat/P (Versión Profesional 2017).

3.12. Identificación de unidades experimentales

Cada unidad de observación se rotuló con una etiqueta plástica y con un marcador permanente donde se indicó su respectivo tratamiento, dosis y numeración de planta (Figura 6).



Figura 6. Ejemplo de rotulación de unidad de observación de la investigación. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de los tratamientos

En el Cuadro 7 se muestran los promedios generales, desviación estándar y significancia de cada variable cuantitativa estudiada por tratamiento en el ensayo, esto para facilitar el análisis y comprensión de los mismos.

Cuadro 7. Resumen de los resultados promedio de cada variable estudiada de acuerdo a su tratamiento. Naranja, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Tratamiento	Variables estudiadas									
	Crec. de raíz (cm)	Lon. de tallo (cm)	Grosor de tallo (mm)	Núm. de hojas	Área foliar (cm ²)	Núm. de nudos	Peso fresco P.A. (g)	Peso seco P.A. (g)	Peso fresco raíz (g)	Peso seco raíz (g)
G.S.48-50%	34,8±2,8 a	32,7±2,5 n.s	5,7±0,9 b	50,1±8,9 a	2004,0±464,2 n.s	7,9±0,9 a	70,2±17,5 n.s	18,7±4,9 n.s	21,7±10,6 a	5,4±1,7 n.s
G.S.48-100%	33,4±3,8 b	33,6±2,8 n.s	6,4±0,8 a	43,9±8,5 b	1976,9±658,3 n.s	7,6±0,6 a	68,9±16,5 n.s	18,2±4,3 n.s	16,1±6,2 b	5,1±1,3 n.s
G.S.48-150%	33,5±4,3 b	33,1±3,3 n.s	6,2±0,9 a	43,9±10,5 b	1815,8±493,9 n.s	7,3±0,6 b	64,8±20,7 n.s	18,4±6,5 n.s	15,5±6,2 b	4,9±1,8 n.s
G.S.70-50%	33,0±3,9 b	32,9±2,9 n.s	6,2±0,7 a	45,2±10,8 b	1891,9±436,1 n.s	7,3±0,7 b	69,2±18,1 n.s	17,7±3,9 n.s	17,8±7,1 b	4,9±1,3 n.s
G.S.70-100%	35,6±3,8 a	33,2±2,7 n.s	6,5±0,7 a	45,7±9,1 b	1995,6±542,3 n.s	7,2±0,6 b	69,8±15,1 n.s	18,2±4,2 n.s	15,1±5,6 b	4,8±1,5 n.s
G.S.70-150%	34,1±3,5 a	32,3±2,8 n.s	6,0±0,8 a	41,6±8,4 b	1714,9±470,2 n.s	7,1±0,6 b	64,9±16,3 n.s	17,5±4,1 n.s	14,8±4,9 b	4,8±1,3 n.s
TESTIGO	32,5±3,5 b	32,3±2,7 n.s	6,2±0,8 a	42,3±9,4 b	1829,7±515,8 n.s	7,1±0,8 b	68,8±15,3 n.s	18,6±4,7 n.s	17,9±6,9 b	5,5±1,6 n.s

*P.A. = Parte aérea

A continuación se discutirán los resultados obtenidos para cada variable evaluada.

4.1.1. Longitud radicular

La variable crecimiento radicular se refiere a la ganancia que hubo en la raíz en cuanto a su longitud. Este aspecto es de suma importancia, ya que una mayor longitud le va a permitir a la planta tener un mejor anclaje al suelo y además una mejor absorción de los nutrientes por la cantidad extra de pelos radiculares que se pueden encontrar a lo largo de la misma.

En dicha variable se encontró diferencias significativas, donde el nivel de significancia fue menor a 0,05.

Con respecto al crecimiento radicular del almácigo, se presentó dos grupos con diferencias significativas. El primer grupo compuesto por los tratamientos Green Sol 48[®] al 50%, Green Sol 70[®] al 100% y Green Sol 70[®] al 150% tuvieron mayor crecimiento radicular y el segundo grupo formado por los tratamientos Green Sol

48[®] al 100%, Green Sol 48[®]-150%, Green Sol 70[®]-50% y Testigo con menor crecimiento de la raíz, como se muestra en la Figura 7.

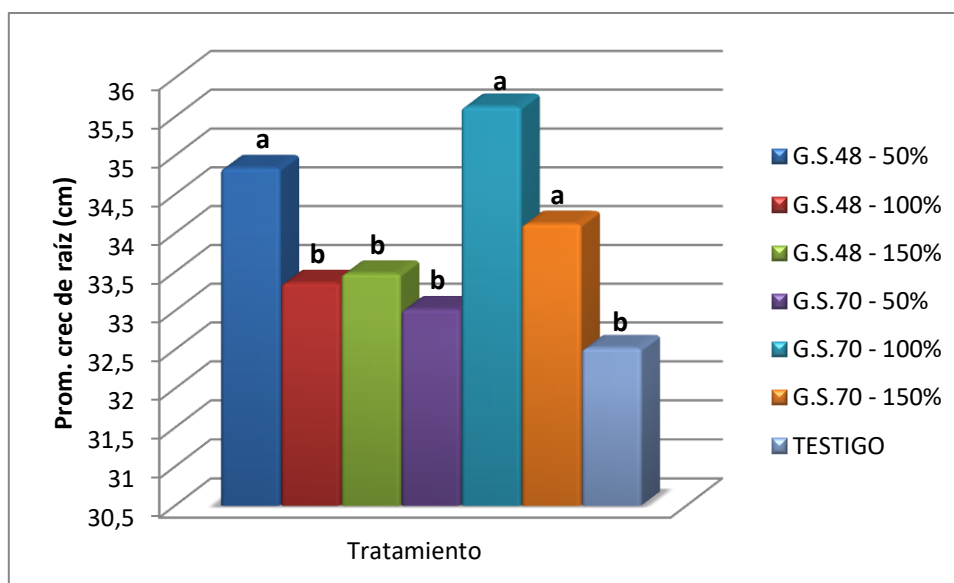


Figura 7. Efecto promedio de los tratamientos sobre la longitud radicular durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Con los datos obtenidos se puede observar que el tratamiento con mayor crecimiento radicular es el Green Sol 70[®] – 100%, y a su vez el de menor crecimiento fue el siete que corresponde al tratamiento testigo.

La formulación del tratamiento cinco corresponde a la dosis comercial del producto Green Sol 70[®], el cual contiene una serie de macro y micronutrientes (Cuadro 4) que favorecen al crecimiento de la planta mediante la aplicación foliar, pero además posee un regulador de crecimiento como lo es la citoquinina.

Los reguladores de crecimiento son compuestos orgánicos que promueven, inhiben o modifican en pequeñas cantidades los procesos fisiológicos de las plantas y pueden estar presentes en las mismas o ser de origen sintético. Saborío (2002) explica que los reguladores de crecimiento son mediadores del programa endógeno de desarrollo de la planta, pero que además logra integrar señales extracelulares lo que permite optimizar el crecimiento de las plantas.

Con una aplicación exógena a la planta como en éste caso con el tratamiento Green Sol 70[®]-100%, las citoquininas estimulan procesos fisiológicos, metabólicos, bioquímicos y de desarrollo en conjunto con otras hormonas producidas por la planta como las auxinas. La combinación de estas dos hormonas en las plantas de almácigo de café generó una promoción de la división y elongación celular, debido a un incremento de la plasticidad de las paredes celulares (Villatoro 2014); y por consiguiente un crecimiento radicular mayor.

La mezcla de las citoquininas aplicadas con el tratamiento, las producidas por la planta con las auxinas generadas en la planta permiten según Zapata (2013), haya una mayor división de células localizadas en el periciclo, lo que genera una formación de raíces laterales y que al momento de las mediciones tuvieran una longitud mayor como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Formación de raíces laterales en planta con el tratamiento Green Sol 70[®] al 100%. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Con respecto a los tratamientos Green Sol 48[®]-50% y Green Sol 70[®]-150% quienes tuvieron una respuesta similar al tratamiento G.S.70-100% y los tratamientos Green Sol 48[®]-100%, Green Sol 48[®]-150% y Green Sol 70[®]-50% análogos al Testigo con un menor crecimiento del aparato radicular, autores como Oyebede (1975) señalan que la aplicación de reguladores de crecimiento como Citoquininas y Giberelinas juntas o concentraciones de menor o mayor cantidad de lo recomendado no siempre van a generar efectos positivos sobre el crecimiento de la planta o en este caso en la raíz específicamente.

4.1.2. Longitud de tallo

La longitud de tallo hace referencia al margen de ganancia con respecto a la altura del tallo después de la aplicación del promotor, a este crecimiento vertical se le conoce como ortotrópico. Para esta variable no existieron diferencias significativas, siendo el nivel de significancia mayor a 0,05.

A pesar de que los datos obtenidos para esta variable no tuvieron una significancia estadística, en la Figura 9 se muestra un crecimiento ligeramente mayor por parte de los tratamientos Green Sol 48[®]-100% y Green Sol 70[®]-100%, lo cuales corresponden a las dosis comerciales de los productos, en comparación con el Testigo y los tratamientos con menor y mayor concentración del producto aplicado.

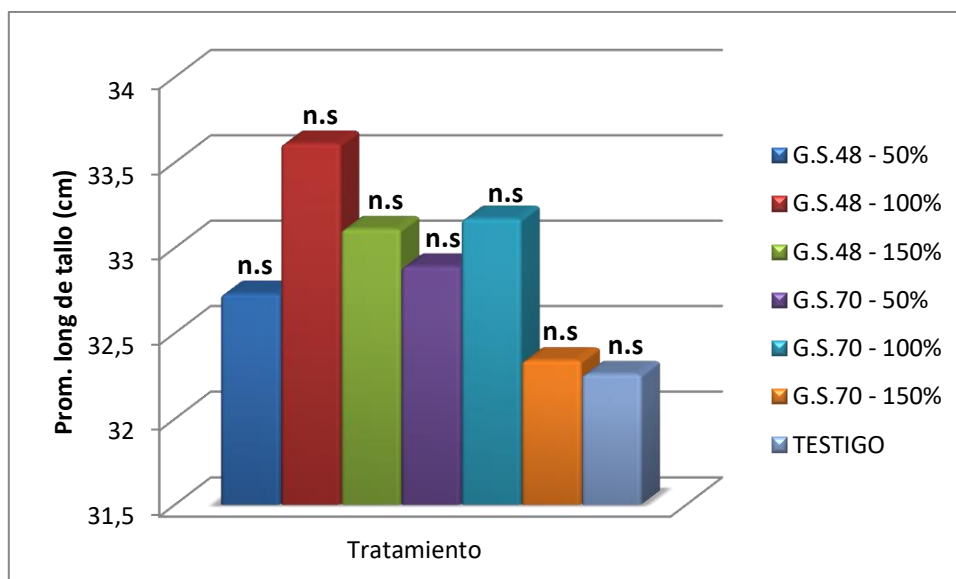


Figura 9. Efecto promedio de los tratamientos sobre la longitud de tallo durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

La aplicación de ambos productos no generó un impacto tan positivo como se esperaba para esta variable, aun así el tratamiento Green Sol 48[®]-100% tuvo un crecimiento de dos centímetros aproximadamente más que el testigo, esto puede explicarse debido a la presencia de Giberelinas principalmente y Citoquininas en la formulación del Green Sol 48[®] (Cuadro 3). La inclusión exógena de Giberelinas sumado a las producidas en las plantas en los ápices de tallos, raíces, hojas jóvenes y en estadios más avanzados como flores, según George y colaboradores (2008) permite una elongación de los tallos, debido a que esta hormona activa el meristemo intercalado de las plantas de almácigo de café.

La baja respuesta se puede deber a varios aspectos, uno de ellos es la frecuencia de aplicaciones de los promotores. Para este ensayo se realizó una única aplicación a los cuatro meses de plantado el almácigo. Carvajal (1958) realizó una investigación donde hizo aplicaciones de giberelinas bimestrales a un grupo de plantas de café y mensuales a otro grupo de plantas ambas de la variedad Villalobos, donde encontró diferencias significativas en la altura de las plantas tratadas mensualmente durante seis meses.

Otro factor que pudo influir en los resultados obtenidos, según Jordan y Casaretto (2006), es que la aplicación de productos con la presencia de giberelinas no siempre tiene una respuesta positiva a la elongación de tallos en plantas pequeñas debido a que estas tienen un bajo contenido de auxinas.

4.1.3. Grosor de tallo

La variable grosor de tallo hace referencia al incremento de diámetro del tallo luego de la aplicación de los productos. Al tener un almácigo con mayor diámetro de tallo tendremos plantas más fuertes, mejor vigor y con mayor resistencia a doblamiento por condiciones climáticas adversas como el viento.

Para esta variable se encontraron diferencias significativas, donde el nivel de significancia fue menor a 0,05.

Los datos obtenidos en las mediciones muestran un comportamiento distinto del tratamiento Green Sol 48[®]-50% en relación a los demás tratamientos, donde se pudo observar que la respuesta de crecimiento del diámetro del tallo fue menor. En la Figura 10 se observa el comportamiento en respuesta a cada tratamiento sobre las plantas de almácigo.

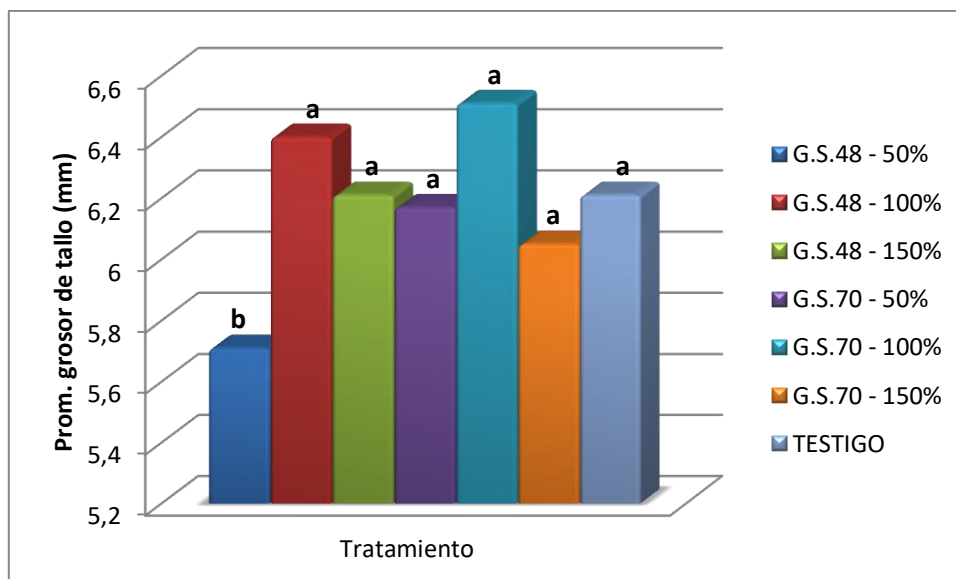


Figura 10. Efecto promedio de los tratamientos sobre el grosor de tallo durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

La aplicación exógena de reguladores de crecimiento no siempre genera los cambios que el productor desea, pero puede mejorar otros aspectos en las plantas por ejemplo: número de hojas y cantidad de entre nudos. En gran medida debido al número de aplicaciones que se efectúen, sinergia de los componentes o bien por la concentración a la que se aplica el producto. Según Valio y Schwabe (1978) se puede deber a que la interacción entre las giberelinas y las citoquininas pueden afectar negativamente la elongación y grosor del tallo en algunos casos.

Autores como Leite y colaboradores (2003) afirman que cuando se da una aplicación por separado de las giberelinas y citoquininas pueden promover la elongación del tallo, pero si se realiza una aplicación en conjunto las citoquininas en ocasiones pueden inhibir los efectos de las giberelinas, reduciendo el tamaño de las plantas y como en este caso el grosor del tallo. Además, Cato y colaboradores (2003) mencionan que la aplicación en bajas concentraciones puede interferir en los procesos morfológicos y fisiológicos de las plantas, pero se utilizan mucho para tratar de lograr mayores rendimientos en la producción.

Con respecto a los demás tratamientos donde se incluye el Testigo, no mostraron diferencias debido a que las concentraciones aplicadas fueron las recomendadas o superiores. Y en el caso del tratamiento Green Sol 70[®]-50% que su concentración fue igual a la del tratamiento Green Sol 48[®]-50% (100 ppm), no se vio afectada ya que el Green Sol 70[®] no contiene giberelinas en su formulación y no hay una interferencia de las citoquininas sobre las giberelinas como mencionan los autores anteriormente.

4.1.4. Número de hojas

La variable número de hojas hace referencia a la cantidad de hojas obtenidas al final del muestreo destructivo realizado. En esta variable se encontraron diferencias significativas en donde el nivel de significancia fue menor a 0,05.

La Figura 11 muestra el comportamiento que hubo al final del muestreo destructivo, en el que el tratamiento Green Sol 48[®]-50% tuvo una mayor cantidad

de hojas producidas en comparación con el testigo y los demás tratamientos donde su producción de hojas fue estadísticamente menor.

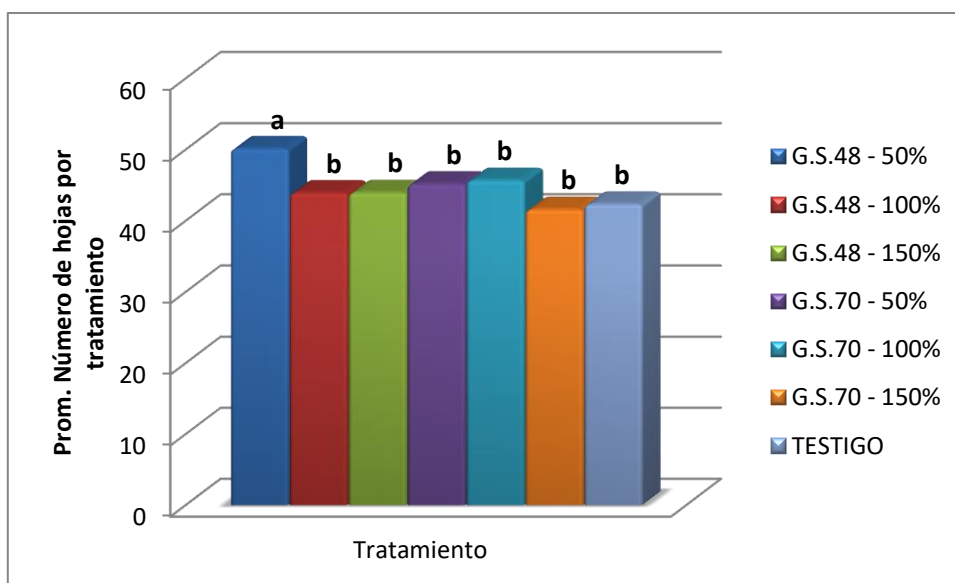


Figura 11. Efecto promedio de los tratamientos sobre el número de hojas durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Bajas concentraciones de giberelinas y citoquininas como se ha mencionado anteriormente promueven el alargamiento celular y crecimiento de tallos. Wilkin y Akre (2015) mencionan que esas bajas concentraciones (<200ppm) pueden generar una mayor cantidad de hojas e incluso incrementar su tamaño. Aunque autores como Leite y colaboradores (2003) afirman que la aplicación en conjunto de citoquininas y giberelinas puede inhibir algunas de sus funciones y afectar el área foliar y la producción de materia seca, esta combinación de reguladores de crecimiento no causan efectos negativos en la producción de hojas, brotes y materia seca de la raíz.

La aplicación de giberelinas a plantas de café en estudios realizados en Colombia por Castillo y Calle (1958), confirman que la presencia de este regulador del crecimiento (giberelina) y en dosis bajas el número total de hojas por planta es mayor que plantas sin tratar.

Además, González y colaboradores (2015), realizaron un ensayo con Bioenraiz[®] (regulador del crecimiento) en plantas de café de la variedad Caturra,

donde confirman que a pesar de que la dosis más baja (100ppm) no afectó la germinación con respecto al tratamiento de control, en el desarrollo de la planta esta dosis indujo un mayor diámetro del tallo y más pares de hojas en el cultivar.

4.1.5. Área foliar

La variable área foliar se refiere a la cantidad de superficie que posee una planta y la cual es de vital importancia porque determina la eficiencia fotosintética que posee la planta. Para esta variable no se encontraron diferencias significativas, debido a que el nivel de significancia fue mayor a 0,05.

A pesar de que en la variable de número de hojas existieron diferencias significativas y se esperaba que en el área foliar también fuera así por su relación, la respuesta de los tratamientos luego del muestreo no mostró esas diferencias. La Figura 12 muestra de manera más representativa los resultados obtenidos.

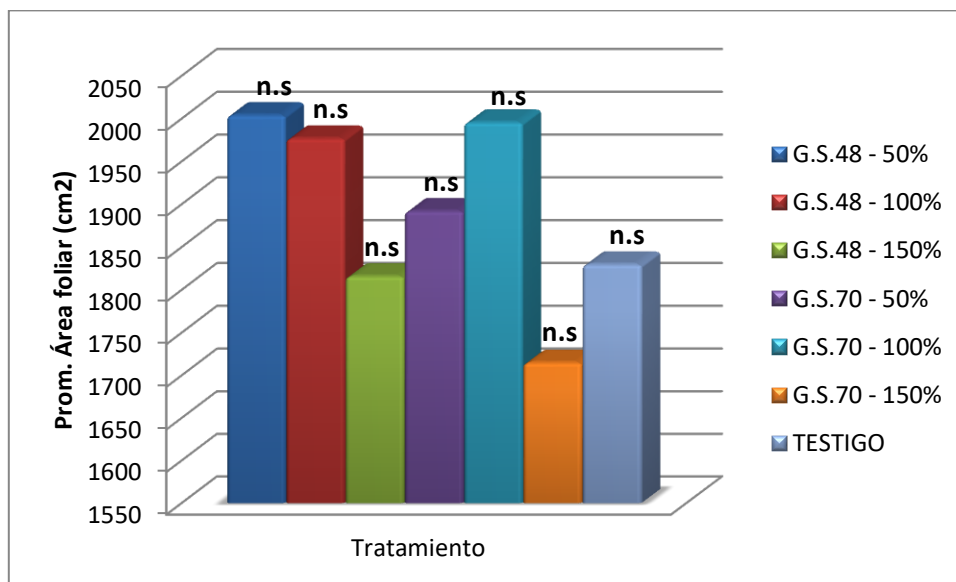


Figura 12. Efecto promedio de los tratamientos sobre el área foliar durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

La producción de área foliar en tres de los tratamientos Green Sol 48[®]-50%, Green Sol 48[®]-100% y Green Sol 70[®]-100% fue mayor aunque no de manera significativa con respecto al testigo. Esto se debe a que la aplicación de productos con citoquininas según García (2018) genera que la planta posea una superficie foliar mayor, debido a que es la hormona responsable de la división celular y

estimula el metabolismo de la planta, además Barea y Azcón-Aguilar (1981) afirman que la aplicación de giberelinas también logra incrementar el área foliar, ya que las giberelinas aceleran el crecimiento causando un estiramiento y división celular.

Aunque estudios realizados en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) por Thuantavee (1991) con aplicaciones por separado de citoquininas y giberelinas afirman que bajas concentraciones de citoquininas pueden tener un 20% más de área foliar que plantas sin tratar y que altas concentraciones por el contrario reducen el área foliar en un 35%. Por otra parte la aplicación individual de giberelinas sin importar las concentraciones no muestran diferencias significativas en la producción de área foliar en comparación con plantas de control.

No obstante, aplicaciones de giberelinas en conjunto con citoquininas realizadas en plantas ornamentales como: *Ficus benjamina*, *Schefflera arboricola* y *Dizigotheeca elegantissima* realizadas por Salehi (2014) demuestran que concentraciones de 200 ppm afectan positivamente el crecimiento del área foliar de la planta de manera significativa. Esta información respalda lo alcanzado con los tratamientos Green Sol 48[®]-100% y Green Sol 70[®]-100%, debido a que es la misma concentración utilizada y aunque no significativamente mejoraron el área foliar del almácigo.

4.1.6. Número de nudos

Esta variable hace referencia a la ganancia de entrenudos a lo largo del tallo. Los entrenudos para el caso de café en almácigo son de vital importancia debido a que es aquí donde se da la formación de ramificaciones y futuras bandolas donde se producirá el café. Hubo diferencias significativas, donde el nivel de significancia fue menor a 0,05.

Los resultados obtenidos al final de la medición muestran un comportamiento similar a otras de las variables estudiadas como: número de hojas y grosor de tallo, donde el tratamiento Green Sol 48[®]-50% es diferente estadísticamente en

comparación con el resto de los tratamientos. En la Figura 13 se muestra mejor el efecto de cada tratamiento aplicado.

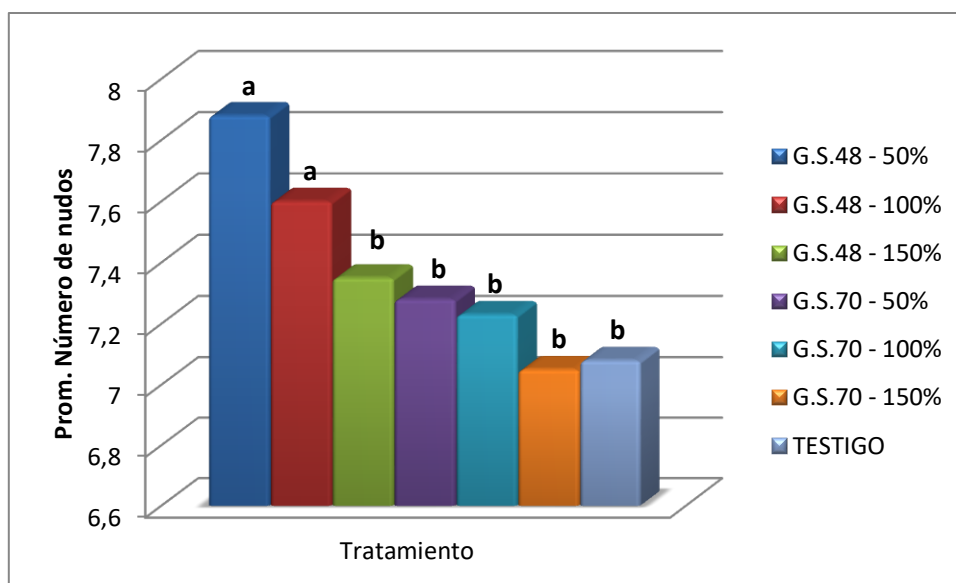


Figura 13. Efecto promedio de los tratamientos sobre la cantidad de nudos durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Taiz y Zeiger (2009) reportan que la aplicación de giberelinas estimula la elongación de los entrenudos del tallo, pero que la aplicación de citoquininas puede reducir estos espaciamientos de entrenudos y por el contrario estimular el desarrollo de brotes laterales.

Según Valio y Schwabe (1978) las aplicaciones conjuntas de giberelinas y citoquininas pueden tener un efecto negativo en cuanto a la elongación del tallo en cultivos como frijol (*Phaseolus vulgaris*), pero Leite y colaboradores (2003) afirman que la aplicación de estos dos reguladores de crecimiento juntas puede inhibir sus efectos y disminuir el número de nudos en todas las plantas.

Estudios realizados en plantas de café de la variedad Mundo Novo (IAC 379-19) difieren de la información anterior y confirman los resultados obtenidos en el ensayo, donde el tratamiento Green Sol 48[®]-50% y el tratamiento Green Sol 48[®]-100% tuvieron una mayor producción de nudos en comparación al testigo y demás tratamientos, pues Bacilieri y colaboradores (2016) utilizaron un promotor de crecimiento a base de giberelinas y citoquininas (Biozyme TF[®]), en

concentraciones menores o iguales a 200 ppm donde hubo un incremento de hasta diez nudos luego de las aplicaciones, lo que garantiza a futuro una mayor productividad en el árbol de café.

4.1.7. Peso fresco de la parte aérea y raíz

La variable de peso vivo de la parte aérea se refiere a la ganancia de peso por parte del tallo y las hojas luego de la aplicación los productos. Para este caso no se encontraron diferencias significativas debido a que el nivel de significancia fue mayor a 0,05.

Los datos obtenidos en peso fresco de la parte aérea en el almácigo de café, que se muestran en la Figura 14 reflejan que estadísticamente esta variable no se vio afectada por el uso de los promotores de crecimiento en ninguna de las dosis aplicadas y por el contrario tuvieron un comportamiento similar al Testigo.

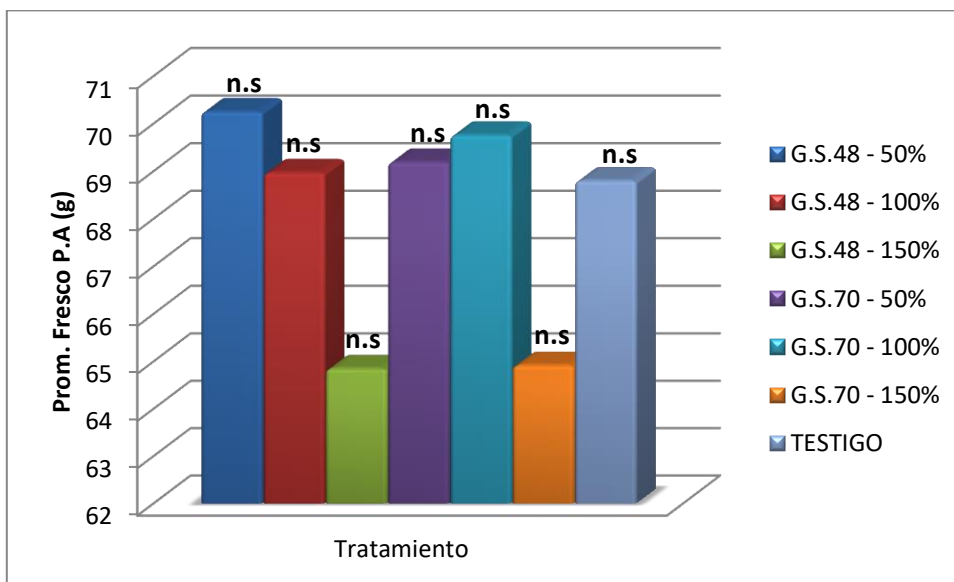


Figura 14. Efecto promedio de los tratamientos sobre el peso fresco de la parte aérea de la planta durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Según Arteca (1996) la aplicación externa de giberelinas y citoquininas ayudan a las hormonas que se encuentran en la planta para mejorar sus acciones de estimulación en la división celular, elongación de tallo, producción de raíces secundarias y mejorar el tamaño de frutos.

La respuesta efectiva de estos promotores va a depender en gran mayoría del género o especie a la que se le aplique, pues como observó en el caso de plantas de almácigo de café no existieron variaciones, pero en estudios realizados por Mohammed (2007) en plantas de poroto (*Vigna radiata* L.wilczek) con aplicaciones de productos con giberelinas en concentraciones de 200 ppm, existieron incrementos en el número de hojas, área foliar y en el peso fresco de las plantas de poroto. Esta información la respalda Salisbury y Ross (1986) afirmando que las giberelinas promueven el crecimiento del peso fresco de las plantas.

Por otra parte la aplicación de citoquininas tiene una afectación en el peso fresco básicamente en la producción de frutos, debido a su capacidad de expansión celular, así lo demuestra Childerhouse (2009) con aplicaciones de citoquininas realizadas en plantas de *Actinidia chinensis* y *Actinidia deliciosa* logrando aumentar el tamaño de sus frutos al acumular un 2% más de agua que las frutas de control.

Aunado a la información anterior Rezende y colaboradores (2008) en un estudio realizado obtuvieron ganancias en el peso fresco de la parte aérea en plántulas de café *in vitro* de la variedad Rubi con la aplicación de auxinas.

Para el caso de la variable de peso fresco de la raíz hace referencia a la ganancia de peso por parte del sistema radicular luego de la aplicación de los promotores de enraizamiento. A diferencia del peso fresco de la parte aérea, aquí si se encontraron diferencias significativas, en donde el nivel de significancia fue menor a 0,05.

La aplicación del tratamiento Green Sol 48[®]-50% al almácigo de café generó mayor ganancia de peso fresco en el sistema radicular con respecto al resto de tratamientos incluyendo al testigo. La Figura 15 muestra de manera más detallada los resultados obtenidos.

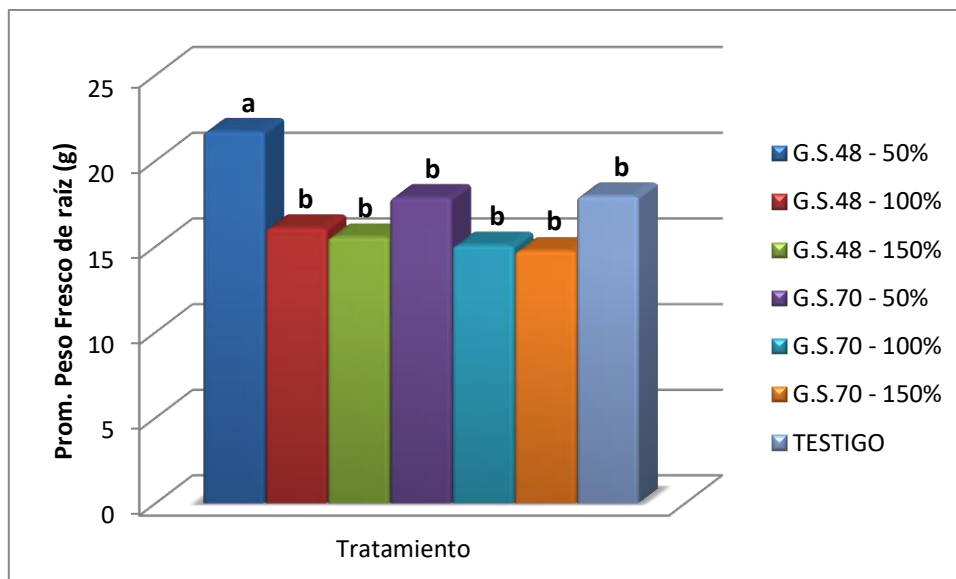


Figura 15. Efecto promedio de los tratamientos sobre el peso fresco del aparato radicular durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Lakshmanan y Robinson, citados por Punpee (2015) afirman que el desarrollo radicular depende en gran medida de las condiciones ambientales, nutrientes absorbidos, contenido de agua existente en el suelo y a su vez que con una humedad insuficiente puede inhibir la división celular en el meristemo de la raíz y por consiguiente generar un desarrollo pobre de la raíz con consecuencias en el establecimiento del cultivo.

Las condiciones de agua a las que se encontraban expuestas las plantas de almácigo de café eran excelentes, confirmando así lo expuesto por Punpee (2015) en plantas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), donde la aplicación de promotores del crecimiento en concentraciones de 100 ppm (igual al tratamiento G.S.48-50%) en escenarios de buena humedad el crecimiento de la biomasa de la raíz es mayor a plantas sin tratar o en condiciones de estrés hídrico.

Otros estudios realizados en plantas de poroto (*Vigna radiata* L.wilczek) por Mohammed (2007), afirman que la aplicación de giberelinas mejora la longitud de la raíz, crecimiento de raíces laterales y por consiguiente el peso fresco de las raíces.

Sin embargo, la aplicación de promotores a base citoquininas no siempre genera los cambios esperados, tal como lo presenta Wikilson y colaboradores (2012) en su investigación en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*), donde hubo una disminución en la biomasa de raíz.

Ghanem y colaboradores (2011) aseveran que los efectos de los promotores de crecimiento dependen de la especie, donde se aplique, cuando se aplique, la relación que exista entre en el resto de hormonas presentes y las condiciones externas a las que se encuentren la planta.

4.1.8. Peso seco de la parte aérea y raíz

Las variables de peso seco de la parte aérea y raíz, hacen referencia al peso obtenido de cada una de las plantas luego de pasar por tres días a 60°C en el horno de secado. Para ambas variables no se encontraron diferencias significativas, ya que el nivel de significancia fue mayor a 0,05.

La aplicación de los tratamientos al almácigo de café no tuvo efecto en ambas variables y se comportaron análogas al testigo. Las Figuras 16 y 17 muestran los datos obtenidos del peso seco de la parte aérea y peso seco de la raíz respectivamente luego de pasar por el horno de secado.

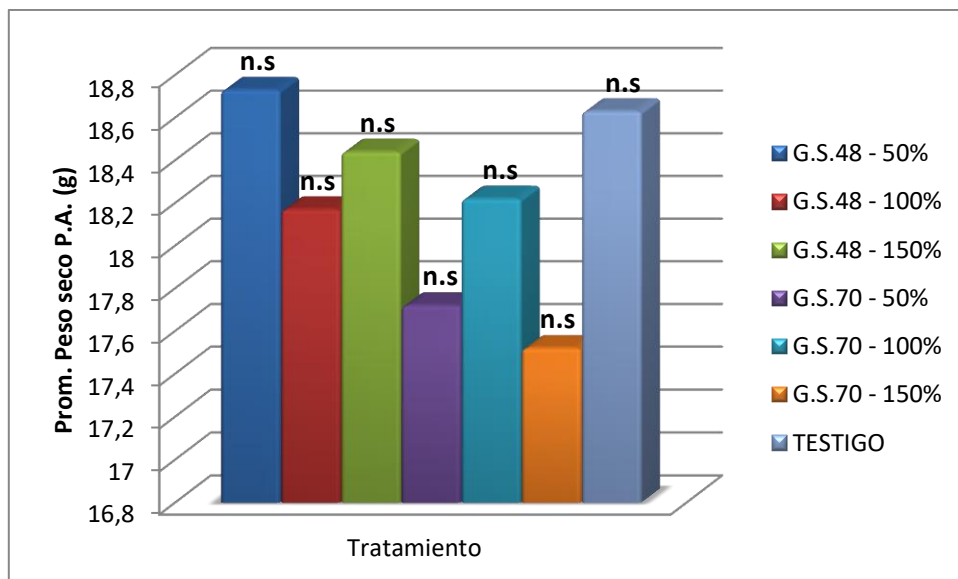


Figura 16. Efecto promedio de los tratamientos sobre el peso seco de la parte aérea de la planta durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

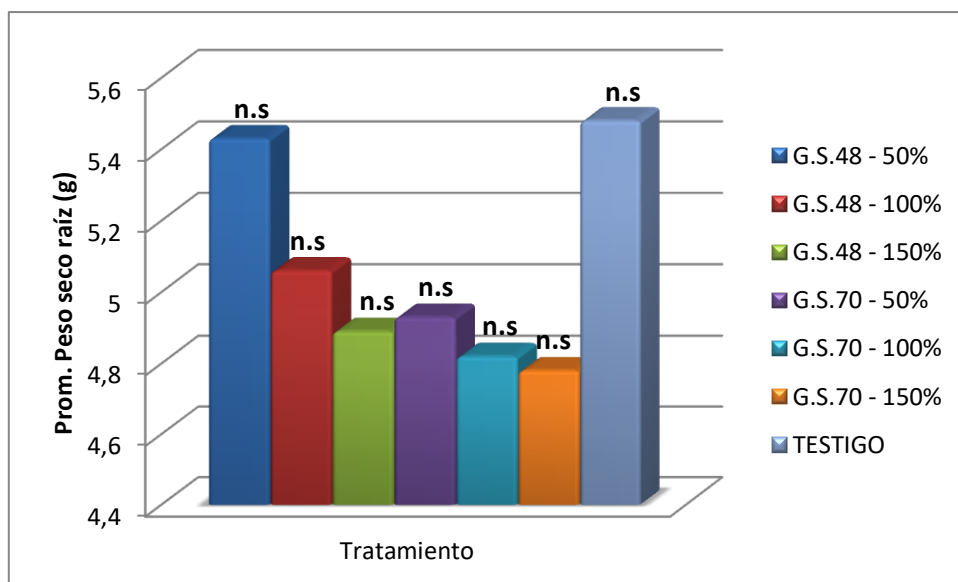


Figura 17. Efecto promedio de los tratamientos sobre el peso seco del aparato radicular durante el ensayo. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Los resultados obtenidos en el ensayo con los tratamientos de citoquininas aplicados a las plantas de café difieren con lo expuesto por Emongor, citado por Ambuko (2003) donde afirma que las citoquininas son conocidas por mejorar la producción de materia seca de la parte aérea y radical de la planta.

Por otra parte Hanzhi y colaboradores (1995) indican que las giberelinas aumentan la absorción de agua y capacidad de retención de la misma en algunos tejidos vegetales. Además, Mutui (1999) asevera que las giberelinas en vez de mejorar el peso seco de la planta, incrementan la succulencia y peso fresco, tal y como se mostró con los resultados obtenidos en el peso fresco radicular de las plantas de almácigo y no con el peso seco de la planta.

Asimismo Leite y colaboradores (2003) dicen que la aplicación de ambos promotores de crecimiento puede causar disminución del área foliar de la planta y la producción de materia seca, pero sin afectar el número de hojas, brotes o materia seca de la raíz como sucedió en el ensayo.

4.2. Evaluación de productores

Esta evaluación visual de las variables tamaño, sanidad, color, ramificaciones, grosor de tallo y raíz de las plantas de almácigo de café se llevó a cabo por cinco caficultores de San Juanillo de Naranjo con más de 30 años de experiencia en la producción de café en la zona. Mediante una tabla de contingencia se realizó la valoración, se tabularon los datos y se realizó un análisis de conglomerados para determinar el o los mejores tratamientos según los productores.

Se realizó la agrupación de los tratamientos según las similitudes en las distintas variables evaluadas por los productores, basado principalmente por el tamaño de las plantas de café. La Figura 18 muestra como el grupo uno, conformado por los tratamientos Green Sol 48[®]-100%, Green Sol 48[®]-150% y Green Sol 70[®]-150% tienen los mayores valores especialmente en la variable tamaño. Las variables sanidad, color, ramificaciones, grosor de tallo y raíz tuvieron diferencias con respecto al grupo conformado por los tratamientos Green Sol 48[®]-50%, Green Sol 70[®]-50% y Green Sol 70[®]-100% que poseen valores medios. Mientras que el grupo conformado únicamente por el Testigo, todos los productores coincidieron en que es el tratamiento con las variables más bajas.

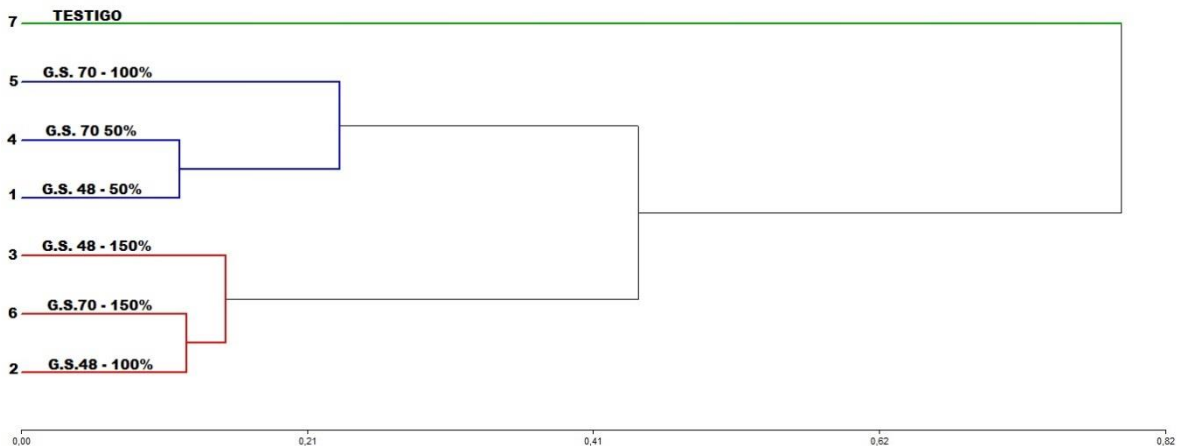


Figura 18. Análisis de conglomerados para los diferentes tratamientos evaluados por los caficultores. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

4.3. Análisis de costos

De acuerdo a lo alcanzado en el presente estudio, se obtuvo que los mejores tratamientos para el desarrollo y enraizamiento de café (*Coffea arabica* L. cv. Obatá) en Naranjo, Alajuela, fueron el Green Sol 70[®] en su dosis comercial y Green Sol 48[®] al 50%. Al emplear estos tratamientos el precio de mantenimiento por planta aumenta 35,625 colones y 17,812 colones respectivamente, pero mejorando la calidad de las variables estudiadas.

Esto se explica puesto que la implementación de los promotores del enraizamiento en plantas de almácigo puede servir para mejorar y así adelantar el trasplante de la planta al campo y ahorrar dinero en fertilizaciones y uso de atomizos, aunque genere un ligero incremento al mantenimiento por planta con respecto al Testigo absoluto debido al costo de diez dólares del producto/kilogramo.

Sin embargo la cantidad de días de adelantamiento de trasplante puede variar de acuerdo a la variedad utilizada, estado de la planta, fertilización, control de plagas que se maneje en la empresa y además la disponibilidad de agua que el caficultor posea. El Cuadro 8 muestra los costos de mantenimiento por planta de almácigo de la variedad Obatá en Coopronaranjo R.L. de acuerdo a cada tratamiento y su dosificación. El análisis se realizó con base en el costo total de

las 124.000 plantas durante el periodo 2017-2018 en Coopronaranja R.L. (Cuadro 9).

Con dicha información se determinó el precio del testigo absoluto y con el valor y la cantidad de gramos aplicada a cada planta del producto enraizador se calculó el precio de acuerdo a su dosis.

Cuadro 8. Costos de mantenimiento por planta de almácigo de café de la variedad Obatá en Coopronaranja R.L. Naranja, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Tratamiento	Precio/Planta (¢)
G.S. 48 - 50%	89,26
G.S. 48 - 100%	107,075
G.S. 48 - 150%	124,412
G.S. 70- 50%	89,26
G.S. 70 - 100%	107,075
G.S. 70 -150%	124,412
Testigo absoluto	71,45

5. CONCLUSIONES

El uso de Green Sol 70[®] en su dosis comercial generó mayor crecimiento radical en plántulas de café de la variedad Obatá con respecto a los demás tratamientos.

La aplicación del Green Sol 48[®] al 50% produjo plantas de almácigo de café con menor diámetro de tallo.

Utilizar Green Sol 48[®] al 50% tuvo una mayor cantidad de hojas producidas en comparación con el testigo absoluto y los demás tratamientos.

Con la aplicación de Green Sol 48[®] al 50% logró un aumento en la producción de nudos de las plantas de almácigo.

La aplicación de Green Sol 48[®] al 50% al almácigo de café generó mayor ganancia de peso fresco en el sistema radicular con respecto al resto de tratamientos, incluyendo al Testigo.

La longitud de tallo, área foliar, peso fresco de la parte aérea, peso seco de la parte aérea y peso seco de raíz no tuvieron diferencias significativas con ninguno de los tratamientos aplicados.

El tratamiento Testigo absoluto presento menor calidad en las variables medidas con respecto a los demás tratamientos de acuerdo a la experiencia de los caficultores

6. RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones con una mayor cantidad de aplicaciones del producto en diferentes etapas del almácigo.

Dar seguimiento a las plantas tratadas luego de ser trasplantadas en campo para observar su desarrollo y producción.

Aplicar los promotores de enraizamiento en otras variedades de café, para observar la tendencia en crecimiento y desarrollo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AFP. 2017. Bajó la producción de café durante primer semestre de 2017. El Espectador. Bogotá, COL. Jul 5: 1-2.
- Ambuko, J; Emong'or, E; Shibairo, S; Chemining'wa, G. 2003. Efect of accel (gibberellins (ga_{4+7}) + benzyladenine) on the shelf life of French beans, *Phaseolus vulgaris* L. African Crop Science Society. 6 (1): 536-540 p.
- Anacafé (Asociación Nacional del Café). 2017. Importancia y cuidados de las raíces. (en línea). Consultado el 1 feb. 2018. Disponible en https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cuidado_raices_cafeto
- Anthony, F; Astorga, C; Berthaud, J. 1999. Los recursos genéticos: las bases de una solución genética a los problemas de la caficultura latinoamericana. In Desafíos de la caficultura en Centroamérica, (1999, San José, CR). Eds. Bertrand, B; Rapidel, B. San José, CR, IICA. p. 369-406.
- Arcila, J; Farfán, F; Moreno, A; Salazar, L; Hincapié, E. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Chinchiná, Colombia. 22-30 p.
- Arteca, R. 1996. Plant growth substances: Principles and applications. 1 ed. Springer. Pennsylvania, USA. 322 p.
- Bacilieri, F; De Lima, L; Lana, R; Guimarães, D. Clemente, M. 2016. Efficacy of a plant growth regulator in the culture of coffee. Uberlandia. 32 (2). 346-353 p.
- Barea, J; Azcón-Aguilar, C. 1981. Production of plant growth-regulating substances by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. Applied and environmental microbiology. 43 (4): 810-813.
- Barickman, T; Kopsell, D; Sams, C. 2016. Abscisic acid improves tomato fruit quality by increasing soluble sugar concentrations. (en línea). Journal of Plant Nutrition. 40(7). Consultado el 7 julio 2018. Disponible en

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01904167.2016.1231812?scroll=top&needAccess=true>

- Barquero, M. 2017. Cosecha de café 2016-2017 cayó 15% en Costa Rica. La Nación. San José, CRC. mar. 30.
- Baz, G. sf. Rooting: Biogenerador radicular. (en línea). Consultado el 7 julio 2018. Disponible en http://www.tacsa.mx/DEAQ/src/productos/1892_28.htm
- Bejarano, M. 2016. Proyectan crecimiento de cosecha de café de Brasil. El Nuevo Diario. Managua, NIC. May 25.
- Bunn, C; Läderach, P; Ovalle, O. Kirshchke, D. 2014. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. Springer. 129 (1-2). 89-101 p.
- Carvajal, J. 1958. Estudio preliminar sobre la respuesta del cafeto al Ácido Giberélico. Revista de Biología Tropical. 6 (2). 273-278 p.
- Castillo, Z; Calle, J. 1958. Observación del efecto de la Giberelina en plántulas de café. Cenicafé. Chinchidá. Colombia. 9 (3-4). 56-72 p.
- Cato, S; Macedo, W; Peres, L; de C, P. 2013. Sinergism among auxins, gibberellins and cytokinins in tomato cv. Micro-Tom. Horticultura Brasileira. 31 (4): 549-553.
- Childerhouse, E. 2009. The effect of a natural plant extract and synthetic plant growth regulators on growth, quality and endogenous hormones of *Actinidia chinensis* and *Actinidia deliciosa* fruit. Tesis M.Sc. Auckland, NZL. Massey University New Zealand. 148 p.
- Clay, J. 2004. Coffee. In World Agriculture and the Environment. Washington, DC: Island Press. p. 69-91.
- Contreras, M. (2010). Efecto de la aplicación de CPPU sobre calidad de fruta en arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivar Elliott. Tesis Ing. Agr.

Universidad de La Frontera, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Temuco, Chile. 84 p.

Cruz, M; Melgarejo, L; Romero, M. 2010. Experimentos en fisiología y bioquímica vegetal: Fitohormonas. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 39-62 p.

Davis, A; Govaerts, R; Bridson, D; Stoffelen, P. 2006. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). Botanical Journal of the Linnean Society. 152 (4): 465-512.

Díaz D. 2002. Fisiología de los árboles frutales. 1 ed. AGT Editor S.A. México D.F. 33, 37, 38, 42, 43 p.

Donald, PF. 2004. Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems. Conservation Biology 18(1):17-38.

Flores EM. 1994. La planta. Estructura y Función. 2 ed. Cartago, CRI. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 120, 231- 233, 480 p.

García, I. 2018. Plant hormones. (en línea). CANNA. Consultado 16 jul. 2018. Disponible en http://www.canna-uk.com/plant_hormones

George E; Hall M; Klerk G. 2008. Plant growth regulators III: gibberellins, ethylene, abscisic acid, their analogues and inhibitors; miscellaneous compounds. In: Plant propagation by tissue culture, (2008, Dordrecht, NLD). Memoria. Eds. George E; Hall M; Klerk G. Dordrecht, NLD. Springer. p. 227–281

Ghanem, M; Albacete, A; Smigocki, A. 2011. Root-synthesized cytokinins improve shoot growth and fruit yield in salinized tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. Journal of Experimental Botany. 62 (1). 125-140.

González, M; Rosales, P; Castilla, Y; Lacerra, J; Ferrer, M. 2015. Effect of Bioenraiz® as stimulant of coffee plants (*Coffea arabica* L.) germination and the development. Cultivos Tropicales. 36 (1): 71-77.

- Hanzhi, T; Cheng-Zhu Yu; Tao-QiAn; Tao-H.Z; ChengZ.Y; Tao-Q.A.1995. Water relations and keeping quality of cut gerbera flowers. *Scientia Horticultura*. 10 (1): 261.
- Herrera J; Alizaga R; Guevara E; Jiménez V. 2006. *Fisiología de la Producción de los cultivos tropicales. Germinación y crecimiento de la planta*. 1 ed. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 56 p.
- Hossain S. 2014. *Plant Physiology and Biotechnology: Fundamental and Applied Research*. 1 ed. Lambert Academic Publishing. Kansas, Estados Unidos. 288, 289, 300, 301 p.
- ICAFFE (Instituto del Café de Costa Rica). 2014. Informe de gerencia técnica: XLIII Congreso Nacional Cafetalero. Heredia, Costa Rica. 38-60 p.
- ICAFFE (Instituto del Café de Costa Rica). 2016. Informe sobre la viabilidad legal y técnica de sembrar café robusta en Costa Rica. Heredia, Costa Rica. 1-18 p.
- ICAFFE (Instituto del Café de Costa Rica). 2017. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. Heredia, Costa Rica. 3 p.
- Jeffrey, P. 2003. Depressed coffee prices yield suffering in poor countries. *National Catholic Reporter* 39:12-14.
- Jordán, M; Casaretto, J. 2006. *Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas*. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile. 1-28 p.
- Kass DC. 2007. *Fertilidad de Suelos*. 1 ed. Editorial de la Universidad Estatal a Distancia. San José, CRI. 28-32 p.
- Lashermes, P; Paczek, V; Trouslot, P; Combes, MC; Couturon, E; Charrier, A. 2000. Singlelocus inheritance in the allotetraploid *Coffea arabica* L. and intespecific hybrid *C. arabica* x *C. canephora*. *The Journal of Heridity* 91(1):81-85.

- Leite, M; Rosolem, A; Rodrigues, D. 2003. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. *Scientia Agricola* 60: 537-541
- Leon, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. 3 ed. aum. y rev. San José, CR, IICA. p. 350-364.
- Lluna, R. 2006. Hormonas vegetales: crecimiento y desarrollo de la planta. Grupo NovaAgora. Molins de Rei, Barcelona. 22-26 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2016. Cultivo de café: Resultados del VI Censo Nacional Agropecuario 2014. San José, Costa Rica. 1-6 p.
- Méndez, I. 2011. Paquete Tecnológico Café Robusta (*Coffea canephora* P.): Establecimiento y mantenimiento. Chiapas, México. 1-8 p.
- Mohammed, A. 2007. Physiological aspects of Mungbean plant (*Vigna radiata* L. wilezek) in response to salt stress and gibberellic acid treatment. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 3 (4): 200-213 p.
- Monge, MA; Guevara, R. 2000. Agriculture in alliance with nature: CATIE's recent advances and conservation of plant genetic resources. Turrialba, CR, CATIE. 128 p. (Serie Técnica. Informe Técnico; CATIE; no. 315).
- Monroig, M. 2001. Manual para una caficultura sostenible en Puerto Rico: Morfología del cafeto. Universidad de Puerto Rico, Servicio de Extensión Agrícola. Mayagüez, Puerto Rico. 55 p.
- Mutui, T. 1999. The effect of benzyladenine and gibberellins on the postharvest physiology of alstromeria (*Alstromeria aurantica* L.). Tesis M.Sc. Nairobi, KEN. University of Nairobi.
- Nabors, M. 2005. Introducción a la botánica. Pearson Educación. 744 p.
- Onzima, JR; Coulibaly, N; Montagnon, C. 2002. The role of the African Coffee Research Network in developing sustainable coffee production and quality. In CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche

- Agronomique pour le Développement) ed. Recherche et caféiculture. Montpellier Cedex, FR. p. 75-83.
- Oyebade, I. 1975. Growth of *Coffea canephora* (Pierre ex Froehner) seedlings as influenced by gibberellic acid and ethrel (2chloroetane phosphonic acid). Turrialba. Costa Rica 49-53 p. 25.
- Punpee, P. 2015. Conditional up-regulation of cytokinin status increases growth and survival of sugarcane in water-limited conditions. Tesis Ph.D. Brisbane, AUS. University of Queensland. 139 p.
- Ramírez, E; Castro, C; Aceves, E; Carrillo, E. 2005. Efecto de productos con reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en Chile "Habanero". Revista Chapingo Serie Horticultura. 11(1): 93-98. (Universidad Autónoma Chapingo).
- Regalado, A. 2006. ¿Qué es la calidad en el café? Chapingo, ME. Universidad Autónoma Chapingo. 309 p.
- Rezende, J; Ferreira, E; Pasqual, M; Villa, F; Botelho, C; Pereira, S. 2008. Development of *Coffea arabica* L. seedlings obtained from direct somatic embryogenesis. Coffee Science. 3(1): 30-37 p.
- Rojo, E; Pérez, E. 2014. Café I: G. *Coffea*. Reduca. 7 (2): 113-132.
- Rutherford, MA. 2006. Current knowledge of coffee wild disease, a major constraint to coffee production in África. Phytopathology 96(6):663-666.
- Saborío, F. 2002. Bioestimulantes en Fertilización Foliar. In Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones, (2002, San José, CR). Memoria. Eds. G. Meléndez; E Molina. San José, CR. Universidad de Costa Rica: Centro de Investigaciones Agronómicas; Laboratorio de Suelos y Foliar. Vol. 1. p. 107- 124.

- Salehi, A. 2014. Plant growth regulators effects on the growth and photosynthetic pigments on three indoor ornamental plants. *European Journal of Experimental Biology*. 4(2): 311-318.
- Salisbury, F; Ross, C. 1986. *Plant Physiology*. Wadworth Publ. Co. Inc. Belmont, California. 319-329 p.
- Salisbury, F. 1988. *Botánica*. México. D. F. México. McGraw-Hill. 48 p.
- Solís, L. 2017. Efecto del uso del biogenerados de raíz Rooting[®] en sistemas de producción de café (*Coffea arabica* var. Caturra) en dos pisos altitudinales, Naranjo, Alajuela, Costa Rica. Tesis Lic. San Carlos, CRC. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. 61p.
- Sotomayor I; Duicela L. 1993. *Botánica*. In. INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 1993. *Manual del Cultivo del Café*. ECU. Estación Experimental Tropical Pichillngue. 19-24 p.
- Taiz, L; Zeiger, E. 2009. *Fisiología Vegetal*. 4 ed. Porto Alegre: Artmed. 819 p.
- Theologis, A. 1986. Rapid gene regulation by auxin. *Ann. Rev. Planta Physiol*. 37: 400-438 p.
- Thuantavee. 1991. Shoot-Root allometry and growth of nashi and tomato: The effects of budding, gibberellins and cytokinins. Tesis Ph.D. Auckland, NZL. Massey University. 228 p.
- Valencia, G. 2005. *Fisiología, Nutrición y Fertilización del Cafeto*. International Plant Nutrition Institute. Georgia, USA. 10 p.
- Valio, I; Schwabe, W. 1978. Correlative growth in seedlings of *Phaseolus vulgaris* L.: inhibition of stem growth by the primary leaves. *Annals of Botany*. 42. 263-268 p.
- Villatoro, E. 2014. Efecto de la citoquinina (CPPU) sobre el cuaje y rendimiento de minisandía (*Cytrullus lannatus*, Cucurbitaceae); Estanzuela, Zacapa. Tesis

Lic. Zacapa, GTM. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 13 - 16 p.

Wikilson, S; Kudoyarova, G; Veselov, D; Arkhipova, T; Davies, W. 2012. Plant hormone interactions: innovative targets for crop breeding and management. *Journal of Experimental Botany*. 63 (9): 3499-3509.

Zapata, L. 2013. Evaluación de la incidencia de la aplicación foliar de ácido giberélico en la floración de árboles de *Coffea arabica* L. y su impacto frente al cambio climático. Tesis Msc. Manizales, COL. Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. 33 – 55p.

8. ANEXOS

Cuadro 9. Costos de mantenimiento para 124.000 plantas de almácigo de café de la variedad Obatá en Coopronaranjo R.L. Naranjo, Alajuela, Costa Rica, 2018.

MES	Llenado de bolsas			Siembra		Labores				Total Mensual
	Llenado	Acomodado	Rellenado	Siembra	Plagas de suelo	Deshierba	Fertilización	Atomizo	Herbicidas	
Abril	₡ 1.488.000	₡ 744.000	₡ 496.000	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 2.728.000
Mayo	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 1.160.640	₡ 696.384	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 38.688	₡ 1.895.712
Junio	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 309.504	₡ 232.128	₡ 77.376	₡ 38.688	₡ 657.696
Julio	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 309.504	₡ 232.128	₡ 77.376	₡ 38.688	₡ 657.696
Agosto	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 309.504	₡ -	₡ 77.376	₡ 38.688	₡ 425.568
Septiembre	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 309.504	₡ 232.128	₡ 77.376	₡ 38.688	₡ 657.696
Octubre	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 77.376	₡ 38.688	₡ 116.064
Noviembre	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 154.752	₡ 232.128	₡ 77.376	₡ 38.688	₡ 502.944
Diciembre	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 77.376	₡ 38.688	₡ 116.064
Enero	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 154.752	₡ 232.128	₡ 19.344	₡ -	₡ 406.224
Febrero	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 19.344	₡ -	₡ 19.344
Marzo	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 154.752	₡ 232.128	₡ 19.344	₡ -	₡ 406.224
Abril	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 19.344	₡ -	₡ 19.344
Mayo	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 232.128	₡ 19.344	₡ -	₡ 251.472
TOTAL MANTENIMIENTO										₡ 8.860.048