

UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DEL DESARROLLO VEGETATIVO Y FLORACIÓN EN
PLANTAS DE CAFÉ (*Coffea arábica* L.) BAJO LA APLICACIÓN DE TRES
BIORREGULADORES**

Trabajo de graduación sometido a consideración del Tribunal Examinador de la Escuela de
Ciencias Agrarias para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería con énfasis en
Agricultura Alternativa.

Bach. MISAEL ANDRÉS MARIN ROMERO

Campus Omar Dengo
Heredia, Costa Rica, 2021

Trabajo de graduación sometido a consideración del Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Agricultura Alternativa.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Msc. Keylor Villalobos Moya

Representante del Decano de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

Dr. Evelio Granados Carvajal
Director de Escuela Ciencias Agrarias

Licda. Ellen Sancho Barrantes
Tutora

M. Sc Miguel Barquero Miranda
Lector

M. Sc. Alejandro Vargas Martínez
Lector

Misael Andrés Marín Romero
Postulante

Resumen

En el sector agrícola existe la tendencia a utilizar dentro de las aplicaciones foliares los bioestimulantes a base de fitohormonas, que podrían ayudar a promover en la planta cambios en momentos fisiológicos y disminuir el efecto del estrés debido al cambio climático.

En Costa Rica el manejo convencional de fertilización foliar en el cultivo de café va relacionada con las aplicaciones de plaguicidas y esto implica también la incorporación de elementos como zinc y boro en sus diferentes formulaciones.

En este momento, son muy pocos los estudios que se han realizado con bioestimulantes en café y es poca la información que se puede encontrar; este estudio es un aporte para aumentar la información en esta área. Se evaluaron plantas de café sometidas a tres diferentes tratamientos de bioestimulantes que dentro de su composición poseen fitohormonas en diferentes concentraciones T1 (citoquininas 0.5%), T2 (citoquininas 0.20%, auxinas 0.003%, giberelinas 0.003), T3 (citoquinina 0.009%, ácido 3-indolbutírico 0.005%, ácido giberélico 0.005%) comparándolos contra un testigo de manejo convencional de composición ácido bórico + quelato de zinc en tres aplicaciones.

Se realizó además una aplicación prefloración para medir la estimulación floral y cuaje del fruto. Se compararon los tratamientos en una evaluación del costo económico. Los resultados mostraron que los tratamientos T1 y T3 brindaron el mayor crecimiento significativo de nudos vegetativos tanto en crecimiento plageotrópico como ortotrópico. Durante los diez meses de evaluación el mejor momento de aplicación de bioestimulantes, para la finca en estudio, se encontró en la segunda aplicación en el mes de agosto, en el cual se evidenció un crecimiento plageotrópico significativo con el tratamiento uno. El tratamiento convencional fue el que logró la mayor cantidad de flores, sin embargo, a nivel de cuaje de la flor, los niveles más altos los obtuvieron el tratamiento T1 y el convencional. El tratamiento convencional fue el más barato comparado con los bioestimulantes.

Abstract

There is a tendency on the market to use phytohormone-based biostimulants within foliar applications that promise to help stimulate the plant at different physiological moments and reduce the effect of stress due to climate change. In Costa Rica, a conventional foliar fertilization management uses pesticides and the incorporation of elements such as Zinc and Boron has been recommended at this moment, very few studies have been carried out with biostimulants and in coffee there is still less information that can be found. This study is a contribution to increase the information in this area. Three biostimulant treatments were evaluated that within their composition have phytohormones in different concentrations T1 (cytokinin's 0.5%), T2 (cytokinin's 0.20%, auxins 0.003%, gibberellins 0.003%), T3 (cytokinin 0.009%, 3-indolbutyric acid 0.005% , gibberellic acid 0.005%) comparing them against a control of conventional management of boric acid composition + zinc chelate in three applications measuring vegetative development, in addition to a pre-flowering application to evaluate the possible effect of biostimulants on the stimulation of flowering and fruit setting . In addition, treatments were compared in an economic cost assessment. The results showed that in T1 and T3 the highest significant growth of vegetative nodes was observed during the 10 months of evaluation in both plageotropic and orthotropic growth. The best time to apply biostimulants for the farm evaluated was defined for the second application in august, where a significant growth of T1 was evidenced in plageotropic growth. The conventional treatment was the one that managed to count the highest number of flowers, however, at the level of flower setting, the highest levels were obtained by T1 and the conventional one. Conventional treatment ended up being the cheapest compared to biostimulants when evaluating their costs.

Agradecimientos

Primeramente, doy gracias a Dios por el don de la vida, por permitirme cumplir mis sueños y tantas bendiciones que día a día me da.

A mi familia, a mis padres Mario y Flor que han hecho mil sacrificios y son ejemplo de vida. A mis hermanos, Mario y Pablo que han sido mi mano derecha en la finca familiar y en el apoyo en mis estudios.

Un agradecimiento especial, a mi novia por el apoyo incondicional durante los estudios y en la vida.

Al Instituto del Café de Costa Rica por permitirme realizar la práctica profesional, posteriormente darme trabajo y finalmente darme la oportunidad de realizar esta tesis que han marcado, profundamente, mi crecimiento personal y profesional.

A los profesionales que me acompañaron en este trabajo: Alejandro Vargas, Ellen Sancho y Miguel Barquero por la enseñanza de sus valiosos conocimientos durante este trabajo y la paciencia para asesorarme.

Finalmente, un agradecimiento a Coopetarrazú R.L. por permitirle realizar el estudio en la finca y a los colaboradores: Alejandro, Randall y Pablito.

Tabla de Contenidos

Contenido

1	Introducción	9
2	Objetivos	12
a.	Objetivo General	12
b.	Objetivos Específicos	12
3	Marco Teórico	13
3.1	El café en Costa Rica.....	13
3.2	Taxonomía del Café	14
3.3	Variedad Catuai.....	15
3.4	Fenología del café	15
3.5	Bioestimulantes	17
4	Metodología	23
4.1	Localización del área de estudio	23
4.2	Descripción General del sistema de producción	23
4.3	Tratamientos.....	24
4.4	Variables a evaluar	25
4.5	Diseño Experimental	26
4.6	Variables Económicas	29
5.	Resultados	31
5.1	Resultado del crecimiento ortotrópico y plageotrópico	31
5.1.1	Crecimiento ortotrópico.....	31
5.1.2	Crecimiento Plageotrópico	32
5.2	Cuaje de la flor	33
5.3	Porcentajes de frutos por número de flores.....	34
5.4	Resultados del Costo Económico	36
6.	Discusión.....	38
6.1.	Efecto de los bioestimulantes	38
6.2	Cuaje	44
6.3	Costo Económico	46
7	Conclusiones y recomendaciones	48
8	Bibliografía	50
9	Anexos	58

Índice de Figuras

Figura 1. Distribución porcentual de café en fruta en doubles hectolitros por región cafetalera desde la cosecha 2011-2012 hasta 2017-2018. Elaboración propia adaptado: ICAFE (2018).	14
Figura 2. Escala para la clasificación de los estados de desarrollo del nudo. Adaptado: Camayo (2003), Adaptada de Moens (1968).	17
Figura 3. Biosíntesis de las Auxinas. Adaptado: Korasick, Enders y Strader, (2013)	20
Figura 4. Visualización geográfica del ensayo. Finca Coopetarrazú, San Marcos de Tarrazú. Elaboración Propia (2019). Foto tomada de Google Earth.	23
Figura 5. Representación gráfica del diseño de tratamientos hecho en campo para la investigación. Elaboración Propia.	27
Figura 6. Crecimiento ortotrópico mensual de nudos por tratamiento.	31
Figura 7. Crecimiento plageotrópico mensual.	33
Figura 8. Estudio de frecuencia poblacional de flores en los nudos 4, 5 y 6.	34
Figura 9. Porcentaje de cuaje de frutos por tratamiento.	35
Figura 10. Porcentaje de cuaje según sumatoria de flores y frutos.	36

Índice de Tablas

Tabla 1. Taxonomía del Café _____	14
Tabla 2. Descripción de los productos y dosis a utilizar _____	24
Tabla 3. Costo económico por aplicación de tratamientos. _____	37

1 Introducción

Costa Rica se ha conocido a nivel mundial por tener un café de especialidad, ha llegado a ocupar puestos importantes en cuanto a calidad se refiere. En producción, según los datos del ICAFE (2018), la cosecha 2016-2017 ocupó el decimotercer lugar teniendo un 0.9% de la producción mundial. La cosecha 2008-2009 del café de Costa Rica aportó un 1% de la producción mundial, lo que indica un decrecimiento en la producción durante los últimos años.

La región de Los Santos está conformada por los cantones Dota, Tarrazú y León Cortés, en ella el cultivo de café ha sido la principal actividad económica, seguida por frutas y verduras de altura; este auge del café tuvo su inicio en 1984. Según Granados (2015), con la creación de cooperativas y buenos precios del grano, se incrementó la actividad cafetalera, desde el año 1950 hasta el 2006, en Santa María de Dota se ha dado una expansión del área cafetalera, se ha pasado de 57.5% de área cultivada a 89.5%, esto trae como consecuencia el desplazamiento de cultivos de granos básicos.

Producir café en Costa Rica, es cada vez más difícil debido a los costos que implica la actividad. El ICAFE (2018b) estima que, para una producción media de 30 fanegas por hectárea, los costos de mano de obra son el 26.6%, compra de insumos 18.2%, la recolección del grano 38.4% y transporte y otros 16.8%. Según Presidencia de la Republica (2019), estos rubros sumados a una tendiente baja en la productividad (tomando como referencia la cosecha 2018-2019, en la cual Costa Rica obtuvo la cosecha más baja en 40 años con 1.7 millones de fanegas) y según Ureña (2018) los productores disminuyen el uso de insumos en la actividad, contribuyendo a una gran preocupación en la toma de decisiones para los caficultores, beneficiadores, exportadores e importadores y ha impactado en la caficultura costarricense.

Según Zapata (2013) el clima puede influir en la fisiología de la planta de café, la floración es una de las etapas más importantes y por lo tanto impacta directamente en la productividad, en esta etapa es necesario investigar alternativas para una producción sostenible del cultivo.

Según Rojas (2013), al realizar aplicaciones foliares, se intenta que productos como fungicidas, insecticidas y fertilizantes foliares entren a la planta para ser ejecutados en sus

sitios de acción. Además, según Molina (2002), la fertilización foliar puede impactar positivamente en los cultivos en etapas como floración, peso y tamaño de frutos entre otros, por lo que el establecimiento de un buen programa de fertilización puede adelantar cosechas e inclusive aumentar el cuaje.

Actualmente existen en el mercado diversos productos novedosos para el sector agrícola, entre ellos fertilizantes foliares con bioestimulantes. Según autores como Camino (2015) y Saborío (2002), las formulaciones con fitohormonas pretenden aumentar el desarrollo y crecimiento de la planta propiciando un incremento en la producción.

Las fitohormonas en bajas concentraciones pueden influir en los procesos fisiológicos de las plantas y dentro de las fitohormonas existen cinco que son las más importantes: auxinas, citoquininas, giberelinas, etileno y ácido abscísico (Zhang *et al.* 2019).

Según Quilambaqui (2003) las fitohormonas han sido aplicadas en frutales para obtener mayor cantidad de flores, tal es el caso de aguacate (*Persea americana*), así como también en babaco (*Carica pentagona*) y en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) estas hormonas han sido utilizadas para obtener crecimiento en frutos y además, su aplicación en cultivos de han evitado la caída prematura de flores y frutos.

Según Ariza *et al.* (2015) al realizar aplicaciones de bioestimulantes formulados con fitohormonas, los frutos de limer (*Citrus aurantiolia*) obtuvieron mayor peso y diámetro. En rosas (*Rosa sp*) al realizar aplicaciones al inicio de la floración, aumentaron la calidad e impidieron la entrada de trips al mismo tiempo (Robles *et al.* 2012).

La nutrición foliar convencional en el cultivo de café incluye los elementos zinc y boro distribuidas en las aplicaciones al año (ICAFE, 2020b) y recientemente incluyeron una aplicación más antes de floración. En el mercado nacional existen bioestimulantes formulados solo con fitohormonas o mezclados con minerales y/o vitaminas, los cuales tienen un precio significativo con respecto a un manejo convencional. En algunos casos, los bioestimulantes son utilizados por los productores de café sin asesoría técnica.

La utilización de biorreguladores está determinada según el cultivo, pero según Borjas, Julca y Alvarado (2020), se deben realizar más investigaciones en cultivos potencialmente importantes para evidenciar cómo influyen en la superación de condiciones de estrés abiótico y frente al cambio climático.

Esta investigación tiene como objetivo evaluar la aplicación de bioestimulantes formulados con fitohormonas en el cultivo de café (*Coffea arabica L*) midiendo su efecto en el desarrollo vegetativo y floración con valoración del costo de aplicaciones.

2 Objetivos

a. Objetivo General

Evaluar el desarrollo vegetativo y floración en plantas de café (*Coffea arábica* L) sometidas a la aplicación de bioestimulantes formulados con fitohormonas en cuatro diferentes momentos como una herramienta alternativa al manejo convencional.

b. Objetivos Específicos

1. Comparar el efecto de tres bioestimulantes y un manejo convencional en plantas de café en cuatro momentos de aplicación contabilizando el número de nudos para determinar el crecimiento.
2. Determinar el efecto de cada bioestimulante bajo la aplicación preantesis cuantificando el cuaje del fruto para analizar el aporte en esta etapa.
3. Determinar los costos de aplicación de cada uno de los tratamientos mediante análisis comparativo para una adecuada selección.

3 Marco Teórico

3.1 El café en Costa Rica.

Según Jimenez (2013) El lugar exacto del inicio del café en el mundo es desconocido, existen teorías de historiadores que dicen que el *Coffea arábica L*, el más cultivado del mundo, proviene de Yemen o su país vecino cruzando el mar rojo en Etiopía, pero su distribución por el mundo se empezó a dar a partir del siglo XVII.

También se desconoce la fecha exacta de introducción del café a Costa Rica, pero a mediados del siglo XVIII y XIX se reporta café sembrado en Guatemala, por lo tanto para nuestro país se cree que el inicio del grano de oro se remonta a esa misma época; en 1832 se documentó la primera exportación de Costa Rica hacia Chile; basados en un reporte de una exportación realizada hacia Inglaterra, se registra que el promedio de siembra para 1838 podría haber sido de 500 manzanas (350 hectáreas) (ICAFE, 2013; Samper, Peters y Gertrud, 2001).

La actividad cafetalera siempre se ha caracterizado por tener momentos de mucho auge, pero, también ha sido marcada por momentos donde la actividad decrece. Desde sus inicios, el café se veía como un producto promisorio, según (Samper *et al.* (2001), las primeras matas de café se originaron al norte de San José, extendiéndose posteriormente a los lugares céntricos y cercanos como Heredia hasta el año 1940, trece años después se estimaba que el país contaba con una cantidad de 117 mil manzanas es decir 81.9 mil hectáreas; desde ese momento la actividad continúa su crecimiento hasta llegar a 1993, donde por repercusión de la crisis en el país, el café también se ve afectado y se vuelve a estancar.

El café en Costa Rica siempre ha mantenido una constante bienalidad, es decir cosechas bajas van seguidas de cosechas altas, esto según regiones productoras del país. La región de Los Santos es la de mayor producción eso se pudo observar durante un periodo de 12 cosechas en la figura 1.

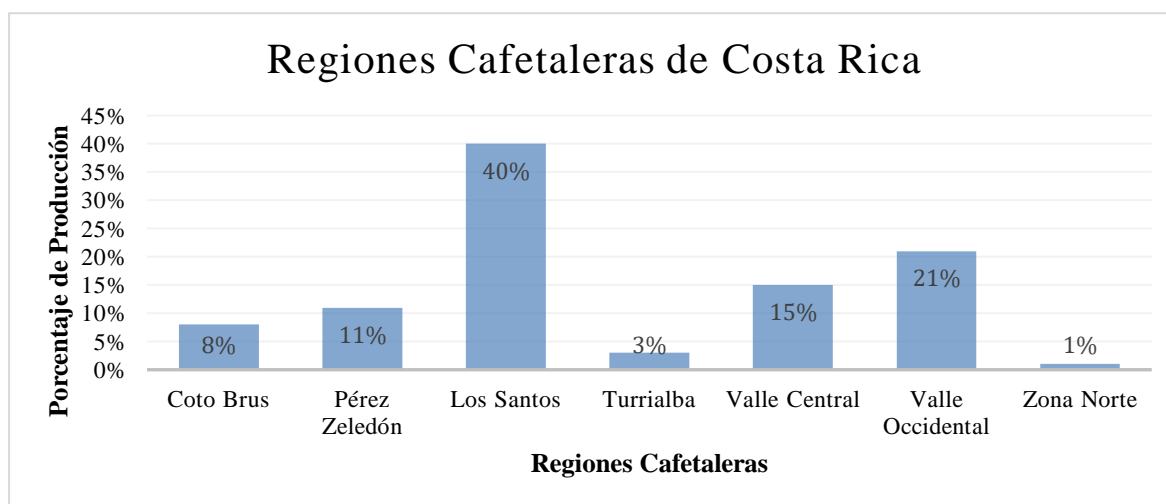


Figura 1. Distribución porcentual de café en fruta en doubles hectolitros por región cafetalera desde la cosecha 2011-2012 hasta 2017-2018. Elaboración propia adaptado: ICAFE (2018).

3.2 Taxonomía del Café

El café según Alvarado y Rojas (1998), pertenece al género *Coffea*, del cual las especies comercialmente más importantes son *Coffea canephora*, *Coffea liberica* y *Coffea arábica L.*, (véase tabla 1), sin embargo, en Costa Rica hasta el momento, ha tenido más auge comercial el *Coffea arábica L.*, esta es la única especie legalmente permitida para sembrar; las otras dos especies pueden ser cultivadas sólo con fines de investigación y evitándose la reproducción.

Tabla 1. Taxonomía del Café

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Magnoliatae
Subclase	Asteridae
Orden	Rubiales
Familia	Rubiaceae
Género	<i>Coffea</i>
Especie (s)	<i>arábica, canephora, liberica, etc.</i>

Elaboración Propia adaptado: Alvarado y Rojas (1998).

3.3 Variedad Catuaí

Entre las variedades de la especie arábica, está la variedad Catuaí, de importancia en la zona de la investigación. Según World Coffee Research (2016), esta variedad es proveniente de un cruce entre Mundo Novo y Caturra, es una planta compacta con un buen potencial de rendimiento y de calidad estándar en Centroamérica. La altitud óptima de siembra es de 1300 ms.n.m., en cuanto a las enfermedades y plagas, es susceptible a roya, antracnosis y nematodos. Los requerimientos nutricionales de la variedad son altos, con un tamaño de fruto medio y el brote de las hojas es de color verde.

3.4 Fenología del café

El café es un arbusto perenne con un ciclo de vida promedio según Arcila, Farfán, Moreno, Salazar e Hincapié (2007) de 20-25 años, dependiendo de las condiciones ambientales y sistema de cultivo, después del primer año puede producir frutos en las ramas, los años de mayor producción según Gutiérrez (2019), rondan entre los 6-8 años; sin embargo, Costa Rica tiene un 35.2% de las plantaciones que sobrepasan los 25 años, lo que provoca menor productividad e incremento en problemas fitosanitarios, por lo que una parte del sector productivo ha optado por realizar la inversión de renovación.

Una de las etapas más importantes que influyen en la productividad del café es el proceso de formación de flores y frutos, según con Arcila (2007) se da de la siguiente forma: el crecimiento aéreo del café se da mediante yemas ubicadas en las axilas de las hojas y en el ápice del tallo, de estas yemas se generan los primordios que posteriormente darán paso a la formación de nudos, hojas, brotes, ramas y flores; el crecimiento de nudos y hojas laterales es exponencial en las ramas y es conocido como crecimiento plageotrópico. El tallo principal crece perpendicular al suelo, el ápice crece desarrollando ramas o bandolas, este crecimiento se le conoce como crecimiento ortotrópico.

Un nudo nuevo se forma en la bandola cada 25 o 30 días, dando como resultado de doce a catorce nudos por año que se diferenciarán en flores o ramas secundarias; por cada nudo formado en las bandolas, se desarrollan dos axilas foliares opuestas, en las cuales se originan de cuatro a cinco yemas. En cada yema, posteriormente crecen entre cuatro a seis flores en conjunto, también llamado inflorescencia.

Las yemas en el tallo, de igual forma, desarrollan dos axilas que originarán cuatro o cinco yemas seriadas, las primeras serán las ramas primarias, el segundo par origina brotes verticales, las siguientes yemas quedan latentes y en algunos casos producen flores y frutos.

La floración como en muchos otros cultivos, es la etapa más importante y delicada, donde inicia el proceso para la siguiente cosecha y todo lo que conlleva el desarrollo del fruto. Según CENICAFE (2014), mediante la floración se puede estimar el manejo anual de una plantación como, por ejemplo: control de broca, nutrición y el crecimiento del grano, y esta última es variada ya que, para cada floración se inicia una nueva curva de crecimiento del grano.

La apertura floral según Arcila *et al.* (2007), es influenciada por una precipitación después de un periodo de estrés provocado por sequía, pero la floración inicia entre 120 y 150 días antes de la apertura floral conocida también como antesis. La primera fase es corta, de aproximadamente 30 días, denominada inducción floral e iniciación de florescencia; la siguiente fase dura aproximadamente 45 días, en ella inicia el crecimiento de los botones florales en las yemas y esta etapa termina cuando están adheridos entre sí y sin abrir.

Posteriormente, se comienza un periodo de latencia o espera de alrededor de 30 días. En la cuarta etapa, por causa de las lluvias, es donde se da el crecimiento del botón floral latente y dura entre seis y diez días. La última etapa es la antesis, en la cual la flor abre, al abrir ya un 90% de la autofecundación se ha realizado y posteriormente se cierra o se apaga, se estima que este paso dura entre tres días.

El cuaje depende de muchas condiciones fisiológicas y ambientales del momento, así como también de la nutrición suministrada a la planta y toda su historia fenológica (Gutiérrez, 2002). Camayo, Chávez, Arcila y Jaramillo (2003) realizaron una escala para la selección de los nudos en su desarrollo durante el proceso de la floración (figura 2).

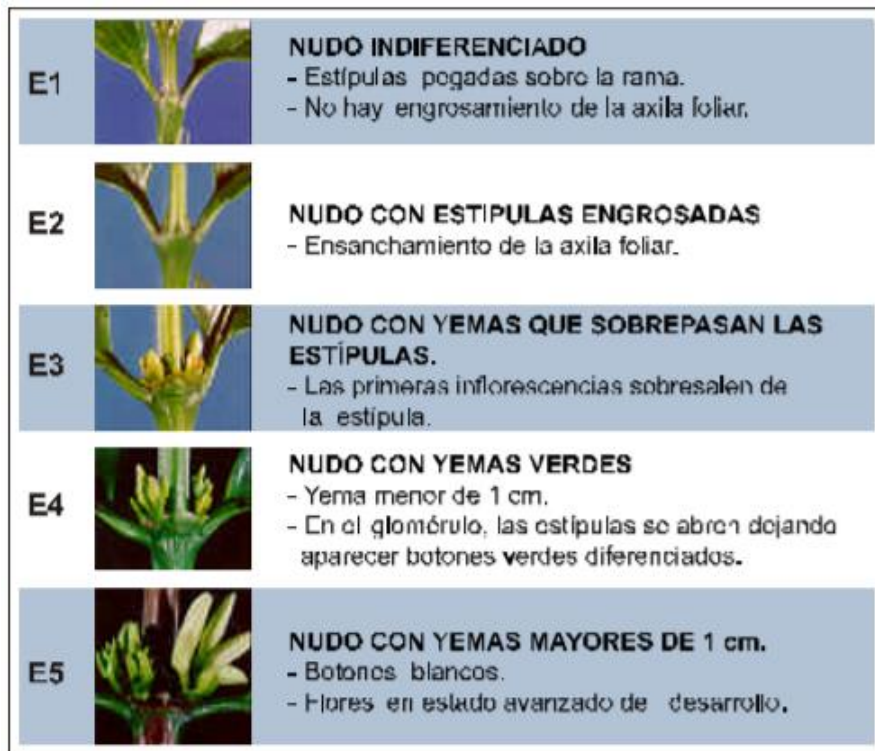


Figura 2. Escala para la clasificación de los estados de desarrollo del nudo. Adaptado: Camayo (2003), Adaptada de Moens (1968).

3.5 Bioestimulantes

La función que cumplen las hormonas según Zapata (2013) son iniciar, terminar, acelerar o desacelerar un proceso vital en la planta, estas moléculas son orgánicas y se producen en regiones específicas, a diferencia de los animales que poseen glándulas que secretan estas hormonas. Estas moléculas son incluidas dentro de los reguladores de crecimiento debido a que cumplen la definición de ser una sustancia sintética que en cantidades pequeñas puede llegar a modificar, inhibir o acelerar los procesos de crecimiento de las plantas.

Los bioestimulantes o también conocidos como biorreguladores, según Morán (2014), al poseer fitohormonas en sus formulaciones llegan a participar en ciertos momentos específicos en la floración, cuaje, caída de frutos y muchos otros procesos en la planta con efecto de inhibir o promover el suceso, dando como resultados según cambios morfológicos o fisiológicos. Sin embargo según la Seeta, Vidya, Sujatha, & Anuradha (2002), la función principal de las fitohormonas es regular el ritmo de crecimiento de las partes individuales de la planta y que a la vez se integran para formar la planta

Estas formulaciones son productos que en los últimos años han sido aplicados a nivel foliar donde según Díaz (2009), se utilizan para mejorar las condiciones de las plantas. Su composición puede variar, Pérez señala:

“Son formulaciones que contienen distintas hormonas en pequeñas cantidades (menos de 0.1 gL^{-1}) junto con otros compuestos químicos incluyendo aminoácidos, vitaminas, enzimas, azúcares y elementos minerales. La concentración hormonal en los bioestimulantes casi siempre es baja, los tipos de hormonas contenidas y las cantidades de cada una de ellas dependen del origen de la extracción (algas, semillas, raíces, etc.) y su procesamiento”. (Pérez, 2014, p. 33)

El primer biorregulador según Seeta *et al.* (2002), utilizado en agricultura fue el 2,4-D y dentro de las fitohormonas más utilizadas en agricultura Morán (2019), cita cinco las cuales son: auxinas, citoquininas, giberelinas ácido abscísico y etileno.

Al momento de utilizar los biorreguladores se debe tener especial cuidado, siguiendo la dosificación establecida, verificar el estado actual de la plantación y condiciones climáticas; un mal manejo de dichos productos según Garita, (2014), pueden provocar problemas a la salud de los trabajadores, si los niveles de concentración de las fitohormonas exceden lo estipulado por la ley y además una posible pérdida del producto.

1. Auxinas

Dentro de todas las fitohormonas, las auxinas son las hormonas más reconocidas, las cuales tienen dentro de sus efectos promover el crecimiento de la planta, la más conocida es el ácido Indol-3-acético (IAA) (Cantero, 2014). Las auxinas están localizadas por toda la planta e intervienen en muchos procesos, están estrechamente relacionadas con los procesos morfogénicos como la división, elongación y diferenciación celular, además de promover raíces adventicias y son sintetizados en los tejidos nuevos de la planta. (Garay, Sánchez, García, Álvarez y Gutiérrez, 2014).

En procesos como la floración sin auxinas según Zapata (2013), las plantas podrían presentar deformidad en inflorescencias o problemas en la arquitectura floral, además una aplicación exógena de la fitohormona induce el desarrollo floral en varias especies.

Estas fitohormonas pueden intervenir en ciertos procesos como la inducción y la elongación de tallos en las plantas, además de tener la capacidad de división de células en cultivos de callos junto con las citoquininas, así como también el aumento de raíces adventicias (Alcántara Cortes, Acero Godoy, Alcántara Cortés, & Sánchez Mora, 2019).

Al mismo tiempo, Zapata (2013) cita que las auxinas estimulan el crecimiento de los tallos, el crecimiento de la raíz principal es inhibida, pero se estimula la formación de raíces secundarias. Este mismo autor comenta que la elongación se da debido a la inexistencia de regulación génica y al incremento de protones, dando como resultado pH ácidos que junto a las enzimas hidrolíticas optimizadas debilita la pared celular, esto provoca el aumento de la presión de turgencia y da paso a la elongación celular.

En las plantas, la biosíntesis de las auxinas se da en la punta de las raíces, pero este proceso es tan complejo que sigue aún en estudio, la mayoría se sintetiza en una ruta de dos pasos, Brumos, Alonso y Stepanova (2014) indican una de las rutas donde el ácido Indol-3-piruvico (IPyA) producido a través de los genes triptófano aminotransferansas (TAA1/TAR) se convierten en IAA por la familia de genes YUC de las monooxigenasa de flavina (figura 3).

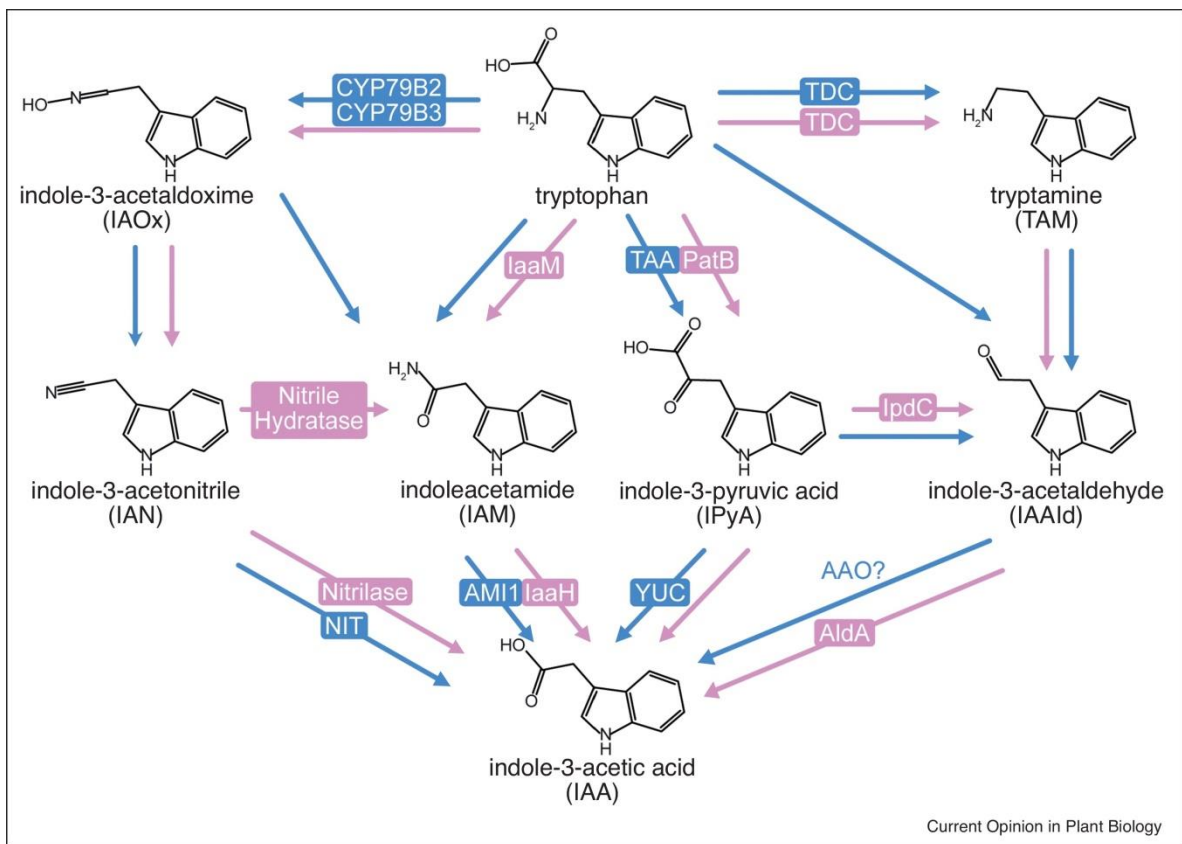


Figura 3. Biosíntesis de las Auxinas. Adaptado: Korasick, Enders y Strader, (2013)

El Ácido Indol Butírico (IBA) es una auxina sintética que según Ludwing (2000) se ha utilizado para estimular el crecimiento específicamente de las raíces, sin embargo, se han realizado estudios sobre la concentración y han dado errores, en muchas especies no han respondido al desarrollo de raíces. Después de realizar la síntesis de IAA, según este Goswami, Thakker y Dhandhukia (2015) se puede convertir en IBA o IPA.

2. Citoquininas

La participación de las citoquininas en la planta está relacionada a la actividad de los meristemos como se cita en Metiver (1979) y se encuentran relacionadas en algunas funciones con las auxinas (Cohelho, Silva y Élder, 2005; Kyozyuka, 2007). Las citoquininas se pueden encontrar en las partes donde se está llevando a cabo el proceso de división celular, según Cantero, (2014) y Gil (2009) generalmente, en partes apicales de las raíces y en semillas en formación; la citoquinina más conocida es la *trans*-Zeatina (*t-Z*).

Las citoquininas están relacionadas en procesos de la planta como la división celular como cita Alcántara *et al.* (2019), casi siempre se encuentran en relación con las auxinas, pero cuando esta relación es mayor del lado de las citoquininas se promueve la producción de brotes vegetativos o yemas y según Zapata (2013) pueden influir también en la germinación de semillas, la maduración de cloroplastos, diferenciación celular y en varios procesos como el retardo de la senescencia y transducción de señales.

Estas fitohormonas regulan el ciclo de las plantas por consiguiente la división celular, entre menos citoquininas según Taiz (2006) menor tamaño de los meristemos y el crecimiento apical se reduce, caso contrario en las raíces, entre menos citoquinina más crecimiento.

3. Giberelinas

Las giberelinas pueden actuar de diferentes formas en las plantas para aumentar la expansión celular, una de las hipótesis que se manejan es que las giberelinas producen α -amilasa y estas aumentan los azúcares, por lo que en la célula se da un cambio de presión osmótica interna, obligando a regularse por medio de la entrada de agua (como se cita en Pires, 1998), dando como resultado, según Coelho *et al.* (2005), un aumento del volumen de la célula.

De acuerdo con Saborío (2002), las giberelinas se pueden encontrar en semillas en desarrollo y brotes en crecimiento. Las mismas pueden generar cambios durante el crecimiento y desarrollo de la planta. Xu *et al.*, (2018) afirman que las AG producen “alargamiento del tallo, participan en la germinación, la latencia de las semillas, en flores en la expresión sexual, en el envejecimiento de las hojas y en la eliminación de toxinas”.

Esta fitohormona puede ser producida por ciertos microorganismo según Alcántara *et al.* (2019), cuando suceden interacciones sinérgicas o antagónicas con *Pseudomonas spp*, *Bacillus spp*, *Lactobacillus spp*, *Penicilium spp*, *Trichoderma spp*.

Esta fitohormona está estrechamente relacionada en procesos fisiológicos como elongación de raíces, hojas jóvenes y dentro de lo que más se atribuye influencia es en la floración, especialmente en la iniciación para la fertilidad de las plantas femeninas y masculina, donde no se encuentra presente se ha observado baja fertilidad y bajo desarrollo de aparatos reproductivos (Alcántara *et al.*, 2019). En síntesis, esta fitohormona se encuentra

en todo el desarrollo de las plantas y por lo tanto en sus etapas fisiológicas, según Aguilar, Melgarejo y Romero (2010) desde la germinación hasta la floración.

La fitohormona que más se relaciona con la floración es la giberelina, cuando el periodo de dormancia de las yemas se interrumpe por las lluvias, el contenido de giberelinas en la planta aumenta, siempre y cuando, no se altere la savia en el xilema, de igual forma, cuando la planta comienza el crecimiento rápido en yemas, la concentración de giberelina disminuyen (Zapata, 2013).

En 1950 se descubrió que cuando se realizaban aplicaciones de giberelinas, según Taiz (2006), en periodos de bajas temperaturas o días largos las plantas respondían con floraciones, además, las concentraciones de giberelinas aumentan en floración.

4. Etileno

El etileno o eteno se trata de un gas incoloro, es conocido como fitohormona ya que forma parte de otros procesos, de acuerdo con Bleeker y Kende (2000) en las plantas pueden participar en: dar estímulo en la germinación en semillas, expansión de hojas, senescencia y participa en momentos importantes como el estrés hídrico, heridas y entrada de patógenos. El etileno, a diferencia de las otras fitohormonas según Saborío (2002), lo podemos encontrar en todos los tejidos de las plantas dependiendo de la etapa de desarrollo.

Esta fitohormona está relacionada con procesos de maduración y senescencia vegetal en la maduración de frutos como se menciona en Alcántara *et al.* (2019) pero aparte de esto se ha visto relación con otras fitohormonas como auxinas, ABA y citoquininas en procesos de maduración y senescencia foliar.

4 Metodología

4.1 Localización del área de estudio

El ensayo se realizó en la finca de COOPETARRAZÚ R.L. en la parcela experimental del ICAFE, ubicada en el distrito de San Marcos, cantón de Tarrazú en la Provincia de San José, Coordenadas (X) 9.65804, (Y)-84.025812 (figura 4). Posee una elevación aproximada de 1396 m s.n.m. con una pendiente aproximada de 12%. La zona se caracteriza por tener una precipitación anual promedio de 1760 mm, una humedad relativa promedio de 87%, vientos con una velocidad en promedio de 1.5 km/h y una temperatura promedio de 18°C (ICAFE, 2019a).



Figura 4. Visualización geográfica del ensayo. Finca Coopetarrazú, San Marcos de Tarrazú. Elaboración Propia (2019). Foto tomada de Google Earth.

4.2 Descripción General del sistema de producción

El estudio se realizó en un área de 1176 m², con un total de 588 plantas aproximadamente, de la variedad Catuaí, la cual presentaba una edad de 5 años en promedio. La distancia de siembra es de 2 metros entre calle y 1 metro en plantas, lo que resulta en 5.000 plantas por hectárea; cada planta contaba con dos ejes. A la plantación no se le habían realizado podas al momento del ensayo y la fertilización del año anterior se hizo según

análisis de suelo propio de la finca con formula 18-5-15-6-0.2(B)-0.1 (Zn) para cumplir con los requerimientos de las planta.

4.3 Tratamientos

Factor Bioestimulantes

Los productos que se utilizaron para el desarrollo de esta investigación corresponden a tres bioestimulantes con fitohormonas y una combinación de dos productos comerciales utilizados actualmente, compuesto por zinc y ácido bórico, pero que no contienen fitohormonas. Las dosis utilizadas para cada tratamiento son las recomendadas por el fabricante (tabla 2).

Tabla 2. Descripción de los productos y dosis a utilizar

Codificación	Composición	Dosis por hectárea
Tratamiento1	Ver Anexo (1)	1500 ml
Tratamiento2	Ver Anexo (2)	1.5 ml/estañon
Tratamiento3	Ver Anexo (3)	600 ml
Tratamiento4	Ácido Bórico + Quelato de Zinc	500 gr / 1000 ml

Para cada producto se realizaron cuatro aplicaciones: la primera en julio 2019, la segunda en agosto 2019, la tercera en octubre 2019 y la última en abril 2020 antes de la antesis o apertura de la flor. Las soluciones se aplicaron de forma foliar con una bomba de presión constante marca Agroboss®, se utilizó una boquilla tipo 8002 y las aplicaciones se realizaron entre las 7:30 am y 10:00 am, se procuró que fuera la misma persona que realizaba las aplicaciones.

Factor Tiempo

Para ver el efecto de los productos, se realizaron evaluaciones del crecimiento de las plantas en el tiempo desde la primera aplicación (junio 2019) hasta la última aplicación (abril 2020) y su efecto en la floración y cuaje del fruto (mayo 2020).

Los tratamientos consistieron en la combinación de los niveles del factor bioestimulante y del factor tiempo, se aplicaron un total de 12 tratamientos.

4.4 Variables a evaluar

Crecimiento plageotrópico

La unidad experimental la conformaron veintiún plantas de café de ellas se tomaron cinco plantas y a cada una se le marcó la bandola número doce colocándole una cinta azul (eje plageotrópico), para su ubicación se partió contando del meristemo apical del eje ortotrópico hacia el suelo.

También se marcó el crecimiento nuevo en cada bandola utilizando una cinta, la cual se colocó en el ápice de la bandola para medir el crecimiento obtenido después de cada aplicación. Se hicieron conteos mensuales del número de nudos nuevos desde el momento de la primera aplicación (junio-2019) hasta el mes preparativo para la apertura floral (marzo-2020).

Crecimiento Ortotrópico

Para medir el crecimiento ortotrópico se utilizaron las mismas cinco plantas, marcando el meristemo apical con una cinta roja y contando los nudos que surgieron posteriormente desde el momento de la primera aplicación (junio-2019) hasta el mes preparativo para la apertura floral (marzo-2020).

Momento de aplicación

Para determinar cuál fue el mejor momento de aplicación, se tomó en cuenta el número de nudos presentes al momento de la aplicación y su posterior mes para evaluar el efecto. Esto se realizó durante las tres aplicaciones del año 2019, para determinar si hubo algún efecto significativo sobre el crecimiento de los nudos, tanto en el crecimiento plageotrópico, así como el crecimiento ortotrópico.

Cuaje

La cuarta aplicación, la preantesis se realizó el 14 de abril, día en que la precipitación fue mayor a 20mm, nueve días antes de la apertura floral.

Para determinar el cuaje, primero se ejecutó el conteo de la población de flores en el momento de la preapertura floral, se contaron las flores de los nudos 4, 5 y 6 que se encuentran en la parte media de la bandola los días 21, 22 y 23 de abril del 2020, supuestamente ya influenciados por la aplicación de fitohormonas. Posteriormente, un mes y una semana después de la antesis, se realizó el conteo del cuaje de frutos (mayo-2020) en los mismos nudos 4, 5 y 6 de cada bandola.

El porcentaje de cuaje por nudo se determinó con la siguiente fórmula:

$$x = \frac{\text{Total de flores} - \text{Total de frutos}}{\text{Total de Flores}} * 100$$

4.5 Diseño Experimental

La unidad observacional fue una planta de café. La unidad experimental estuvo compuesta por un total de veintiún plantas de café, de ellas se tomaron cinco plantas al azar, estas serían submuestras de cada tratamiento, con el fin de eliminar la variabilidad interna por repetición. Las dieciséis plantas restantes sirvieron como zona de amortiguamiento. Cada tratamiento contaba con tres repeticiones, para un total de doce unidades experimentales por fecha de evaluación.

Estructura de tratamientos

Para la variable de respuesta número de nudos, se utilizó un bifactorial con interacción, donde el primer factor contaba con cuatro niveles correspondientes a los productos a evaluar, el segundo factor fue la fecha mensual de evaluación con diez niveles. Para la variable cantidad de flores, fue unifactorial tomando solamente el primer factor mencionado anteriormente, ya que, su evaluación es en una fecha en específico.

Estructura de la parcela

Considerando la variabilidad en la topografía del terreno, se utilizó un diseño de bloques completos al azar distribuidos en el mismo sentido de la pendiente, cada bloque tuvo tres hileras de plantas separadas a dos metros de distancia.

Cada hilera constaba de veintiocho plantas, a un metro de distancia entre plantas y 2 metros entre calle para un total de 112 m² por bloque. Adicionalmente a la zona de

amortiguamiento entre plantas, por bloque se dejó tres calles (figura 5). Cada tratamiento fue seleccionado y establecido dentro de los bloques, mediante la generación de números al azar de Microsoft Office Excel 2013.

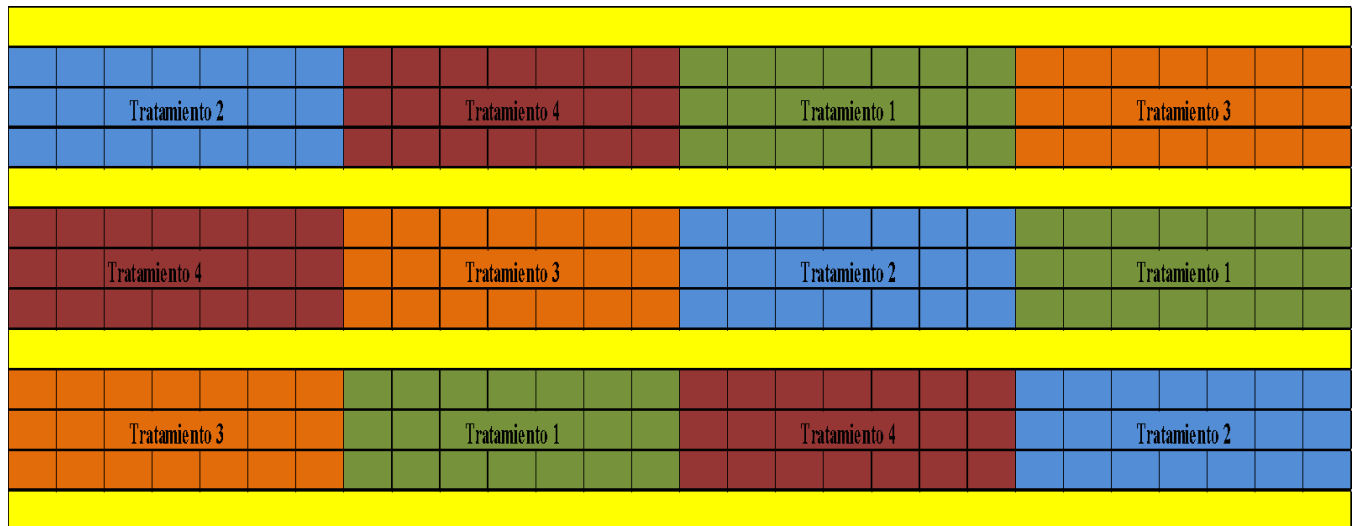


Figura 5. Representación gráfica del diseño de tratamientos hecho en campo para la investigación. Elaboración Propia.

4.5.1 Análisis Estadístico

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre la variable de respuesta conteo de nudos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño en bloques completos al azar, bajo la teoría de los modelos lineales mixtos. El modelo lineal para el experimento bifactorial utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \delta_{ij} + b_j + \varepsilon_{ijk}$$

$$\text{con: } i = 1 \dots 4, j = 1 \dots 9, k = 1 \dots 3$$

Y_{ijk} : variable de respuesta del i-ésimo tratamiento, j-ésima día después de aplicado y la k-ésimo repetición.

μ : media general

α_i : efecto de la i-ésimo tratamiento.

γ_j : efecto de la j-ésima fecha de evaluación

δ_{ij} : efecto adicional (interacción) para la combinación de los niveles i de tratamiento y j de fecha.

b_j : efecto del k -ésimo bloque

ε_{ijk} : término de error que se distribuye normal independiente con media cero y varianza constante.

Al tener evaluaciones en el tiempo y la unidad observacional (planta) se midió durante las distintas fechas. Los errores se encontraron correlacionados, lo que generó dependencia. Para poder cumplir con el supuesto de independencia, se incluyó el ajuste de sujeto dentro del modelo como efecto aleatorio o un ajuste en la estructura de correlación.

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre la variable de respuesta cantidad de flores, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño en bloques completos al azar bajo. El modelo lineal para el experimento bifactorial utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + b_j + \varepsilon_{ijk}$$

$$\text{con: } i = 1 \dots 4, j = 1 \dots 3$$

Y_{ijk} : variable de respuesta del i -ésimo tratamiento y la j -ésimo bloque.

μ : media general

α_i : efecto de la i -ésimo tratamiento.

b_j : efecto del k -ésimo bloque

ε_{ijk} : término de error que se distribuye normal independiente con media cero y varianza constante.

Para los modelos se comprobaron los supuestos del ANOVA con gráficos diagnósticos. En caso de que no se cumplieron los supuestos del análisis de varianza, se escogió el modelo en función de los criterios Akaike (AIC) y de información Bayesiano (BIC). En las variables donde existían diferencias estadísticas entre los tratamientos, se realizaron las comparaciones de medias por medio de la prueba de Do Rienzo, Guzmán y

Casanoves (DGC) ($p \leq 0.05$), lo que permite la formación de grupos excluyentes y no transición entre tratamientos.

4.6 Variables Económicas

Para los rubros económicos se utilizaron como guía los costos de producción agrícola de café del ICAFE, tomando como referencia una producción media de la cosecha 2019-2020 de 30 fanegas por hectárea (ICAFE, 2020a). Para determinar los costos en general, en primer lugar, se realizó el cálculo del coeficiente técnico.

Coeficiente técnico

El coeficiente técnico se utilizó como medida para homogenizar el valor de los productos con base en la aplicación, dosificación y cantidad de aplicaciones por hectárea. Para determinar este valor, primeramente, se realizó la prueba de dosificación al inicio de la primera aplicación.

Las aplicaciones se realizaron con la misma bomba utilizada para todas las aplicaciones. Se tomó un volumen conocido (20 litros) y se marcó una zona de tres calles con siete plantas, para un total de veintiún plantas para realizar la dosificación de una unidad experimental en el ensayo.

Al volumen inicial se le restó lo utilizado en la aplicación (3.5 litros) y así se obtuvo el gasto de agua por unidad experimental, este mismo dato se extrapolaron para una aplicación por hectárea (anexo 5), tomando en cuenta la distancia de siembra de las plantas del lote del ensayo, se obtuvieron los litros/hectárea de agua.

Para determinar la dosis del producto se utilizó la dosificación que consistió en dividir la dosis por hectárea, según la ficha técnica de cada producto, de acuerdo con el gasto de agua.

El coeficiente técnico se calculó tomando los litros/hectárea de producto en una sola aplicación y se multiplicó por los litros utilizados en las cuatro aplicaciones (anexo 5).

Costo del tratamiento

En cuanto al costo económico, se utilizó como guía los costos de producción agrícola de café del ICAFE tomando como referencia una producción media de la cosecha 2019-2020 (ICAFE, 2020a).

Para el costo por hectárea se multiplicó el coeficiente técnico de cada producto por el costo unitario del mismo en colones, de esta forma, se conoce el costo económico de realizar las aplicaciones con cada tratamiento.

El costo por fanega se obtuvo de la división del costo/hectárea por el promedio de fanegas media de la zona de Los Santos para la cosecha 2019-2020 con un promedio de 30.5 fanegas por hectárea (ICAFE, 2020a).

5. Resultados

5.1 Resultado del crecimiento ortotrópico y plageotrópico

5.1.1 Crecimiento ortotrópico

Los resultados obtenidos están determinados por evaluaciones realizadas mensualmente después de las aplicaciones de los tratamientos. Según (figura 6) para la variable crecimiento en el eje ortotrópico no se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos para los meses de junio a octubre. Entre noviembre y diciembre se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para el tratamiento tres, con respecto a los demás tratamientos. Entre los meses de enero y marzo para los tratamientos uno y tres se encontraron diferencias significativas en relación con los tratamientos dos y cuatro.

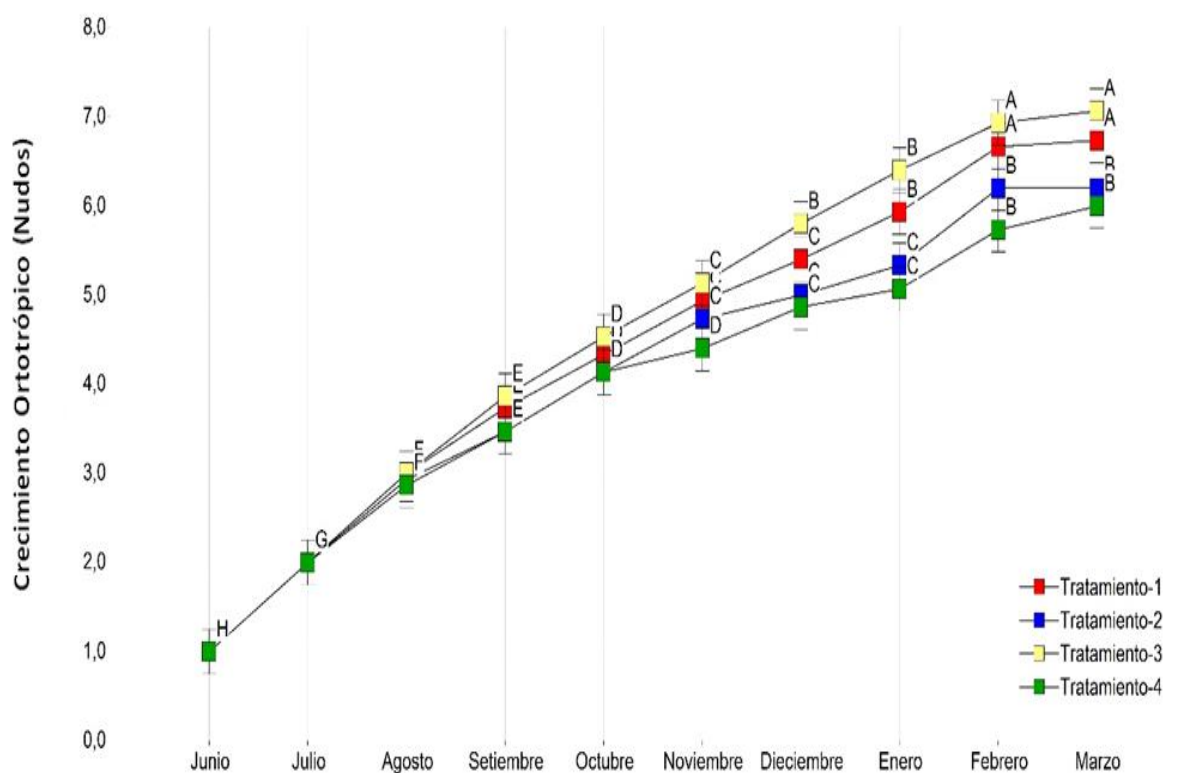


Figura 6. Crecimiento ortotrópico mensual de nudos por tratamiento.

Los resultados correspondientes a la primera aplicación realizada en el mes de junio no mostraron diferencias significativas entre ellos (figura 6), todas las plantas sometidas a los tratamientos se comportaron de igual forma por lo que la primera aplicación no mostró un aumento en el crecimiento ortotrópico.

Durante la segunda aplicación realizada en agosto, no hubo diferencia significativa en el crecimiento para todos los tratamientos. Por el contrario, el crecimiento ortotrópico experimentó una leve pausa en el mes de aplicación, así como en el siguiente (figura 6).

De acuerdo con lo observado (figura 6) en el crecimiento del eje ortotrópico, no hubo una diferencia significativa después de la tercera aplicación. En el mes posterior a la aplicación, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo.

5.1.2 Crecimiento Plageotrópico

Las observaciones realizadas mensualmente en el conteo de nudos plageotrópico demostraron que para los primeros meses evaluados de junio a julio no se encontraron diferencias significativas (figura 7). En el mes de junio, después de la primera aplicación, no se evidenció un aumento significativo en el crecimiento plageotrópico de las plantas en ninguno de los tratamientos (figura 7).

Entre los meses de agosto a octubre los tratamientos tuvieron diferencias significativas entre ellos, pero al llegar los meses de noviembre y diciembre todos los tratamientos llegaron a obtener un crecimiento plageotrópico similar por lo que para estos meses finales del año no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

Los resultados de la segunda aplicación del mes de agosto demuestran cambios significativos según los tratamientos aplicados. Se observaron diferencias significativas en los tratamientos uno y tres, se obtuvo un mayor crecimiento plageotrópico con respecto a los tratamientos dos y cuatro (figura 7). Sin embargo, en el mes de setiembre el tratamiento tres logra un crecimiento plageotrópico significativo con respecto a los demás tratamientos.

En la última aplicación, se observa que hubo diferencia significativa sobre el crecimiento plageotrópico (figura 7), los tratamientos (1,2 y 3) con fitohormonas lograron diferenciarse del tratamiento testigo, pero en el mes posterior todos los tratamientos llegan a un crecimiento similar, por lo que no existió para el mes de noviembre diferencia significativa entre tratamientos.

Para los meses de enero y febrero se evidenció una diferencia significativa para el tratamiento tres ($p \leq 0.05$), seguidamente, en el último mes de evaluación los tratamientos uno y tres demostraron diferencia significativa en comparación a los tratamientos dos y cuatro, y que por lo tanto son los que al final de la evaluación obtuvieron mayor cantidad de nudos.

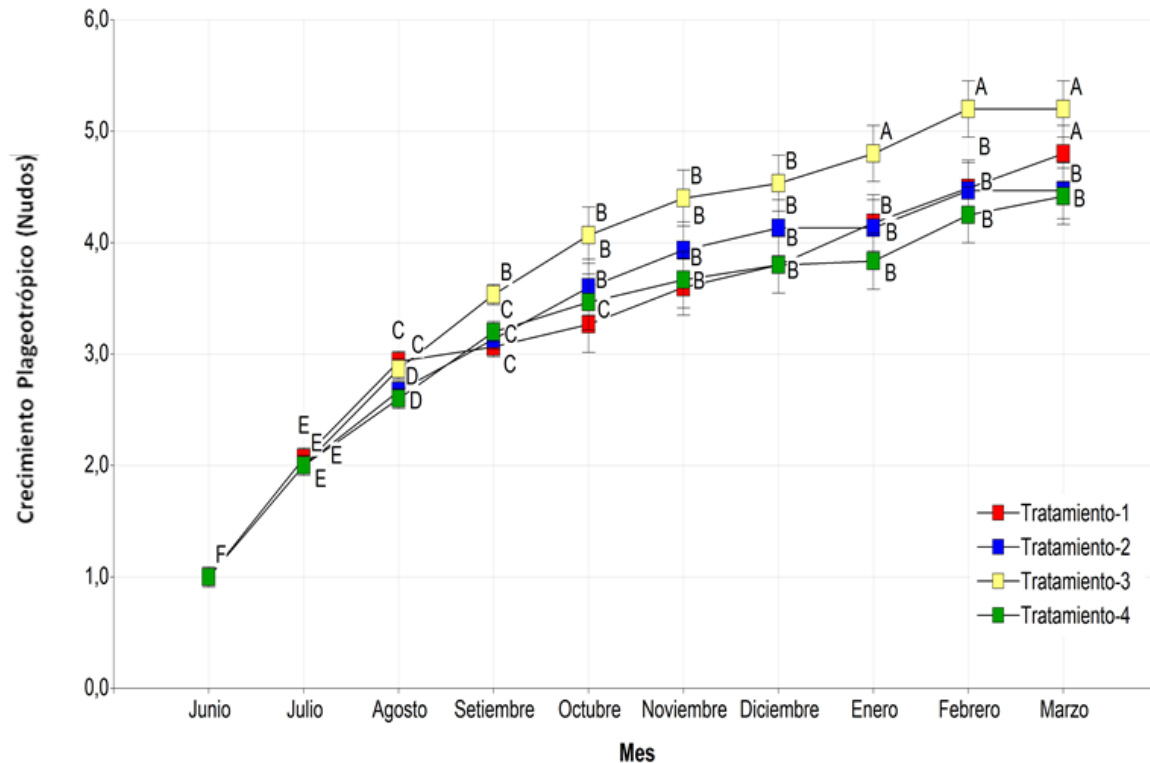


Figura 7. Crecimiento plageotrópico mensual.

5.2 Cuaje de la flor

La observación realizada después de la aplicación prefloración determinó las flores de los nudos 4, 5 y 6 como se observa en figura 8. Estos datos presentaron mucha variabilidad, se obtuvo nudos que no contaban con flores, así como, nudos que presentaron hasta diecisiete flores, lo cual genera dispersión en los datos y evita un análisis general por tratamiento. En la figura se muestra que la distribución de frecuencias de flores de nudos 4,5 y 5 la mayoría de los nudos tenían 0 flores, lo cual se presentó como un comportamiento atípico a lo esperado. Se observa, que, en orden de importancia, la mayor frecuencia por nudo de flores fueron de 2, 3 y 4, las cuales se utilizaron para el posterior estudio según tratamientos.

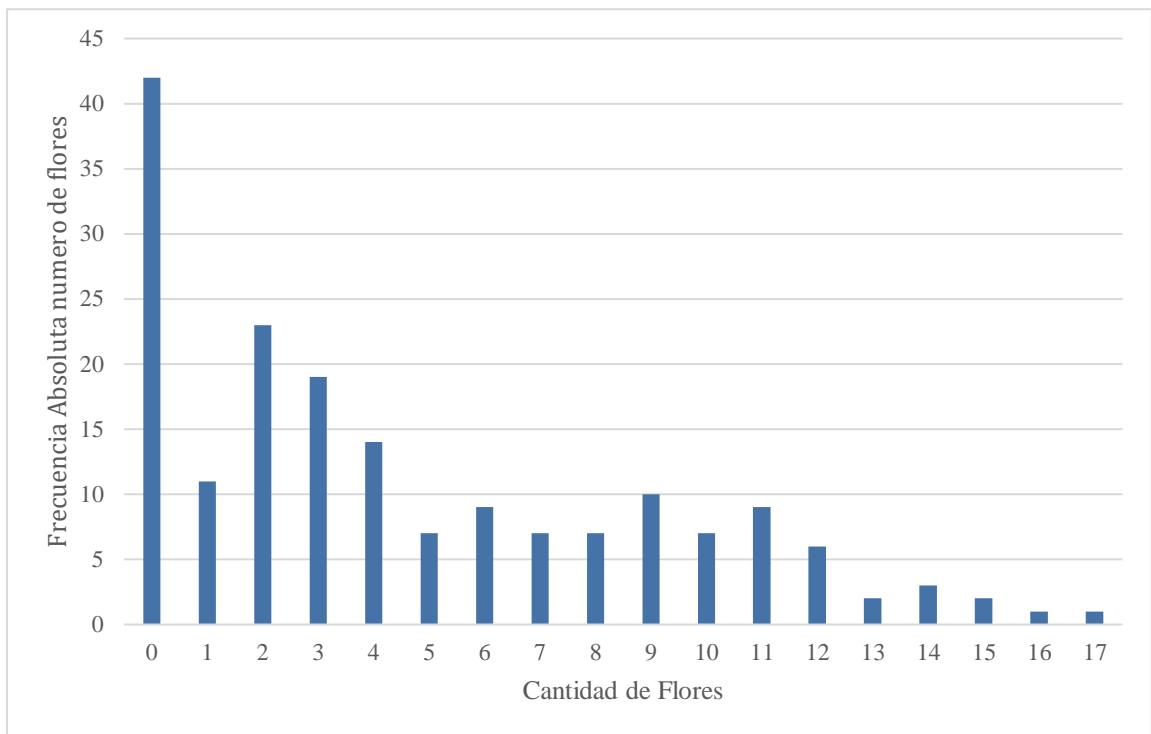


Figura 8. Estudio de frecuencia poblacional de flores en los nudos 4, 5 y 6.

Seguidamente como un segundo grupo de nudos con mayor frecuencia en la población de flores fueron los que contaron con 9, 6 y 11 flores. Los nudos con 13 y 15 flores fueron solamente 2 y solo un nudo obtuvo 16 y 17 flores.

5.3 Porcentajes de frutos por número de flores

Con las mayores frecuencias de nudos que contenían 2, 3 y 4 flores, se determinó el porcentaje de cuaje con respecto a los tratamientos. En el porcentaje de cuaje de flores (figura 9) se observa que ningún tratamiento llegó a alcanzar el 100% de la conversión de flores a frutos, por lo que no se evidenció un tratamiento efectivo para el rubro de cuaje de frutos.

Las plantas sometidas a los tratamientos uno y cuatro obtuvieron el mayor grado de cuaje de las flores, el tratamiento uno obtuvo un 88% del cuaje, por su parte, el tratamiento cuatro obtuvo un 87% del cuaje de las flores, lo que hace determinar que no hubo diferencia significativa entre estos tratamientos.

Los tratamientos más bajos en su porcentaje de cuaje, fueron el tratamiento dos, el cual presentó un cuaje de un 78% de flores, mientras que el tratamiento tres obtuvo el nivel más bajo de cuaje de 65% de las flores.

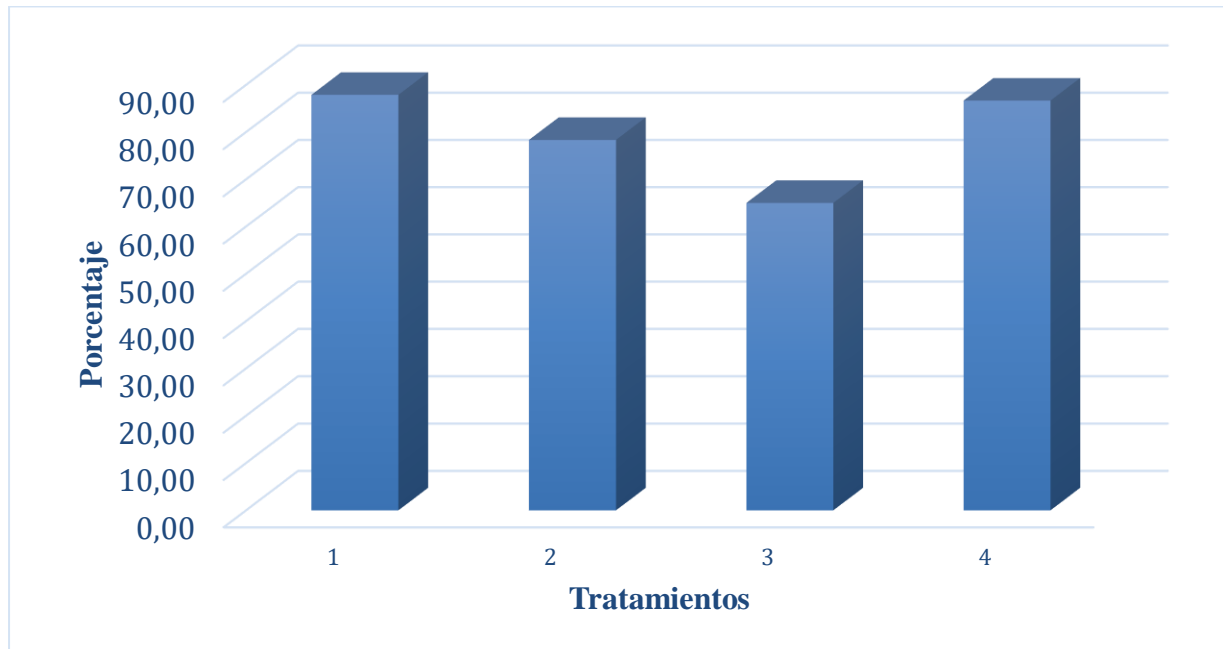


Figura 9. Porcentaje de cuaje de frutos por tratamiento.

Se realizó una sumatoria de todas las flores de los nudos que presentaron mayor frecuencia de flores con 2,3, y 4 separándolas según tratamiento y se comparó con las sumas de los frutos que llegaron a cuajar. El tratamiento que obtuvo mayor cantidad de flores fue el tratamiento cuatro el testigo, logró obtener un 86.2% siendo por lo tanto el tratamiento con mayor porcentaje de cuaje y mayor cantidad de flores y frutos desarrollados. Seguidamente el tratamiento uno convirtió el 86.1% de las flores en frutos, muy similar al tratamiento testigo (figura 10).

Existió una marcada diferencia con los demás tratamientos, por ejemplo, el tratamiento dos, fue el tratamiento que obtuvo la tercer mayor cantidad de flores desarrolladas 76.31%, por último, el tratamiento con menor cantidad tanto de flores y frutos fue el tratamiento tres, con 70%.

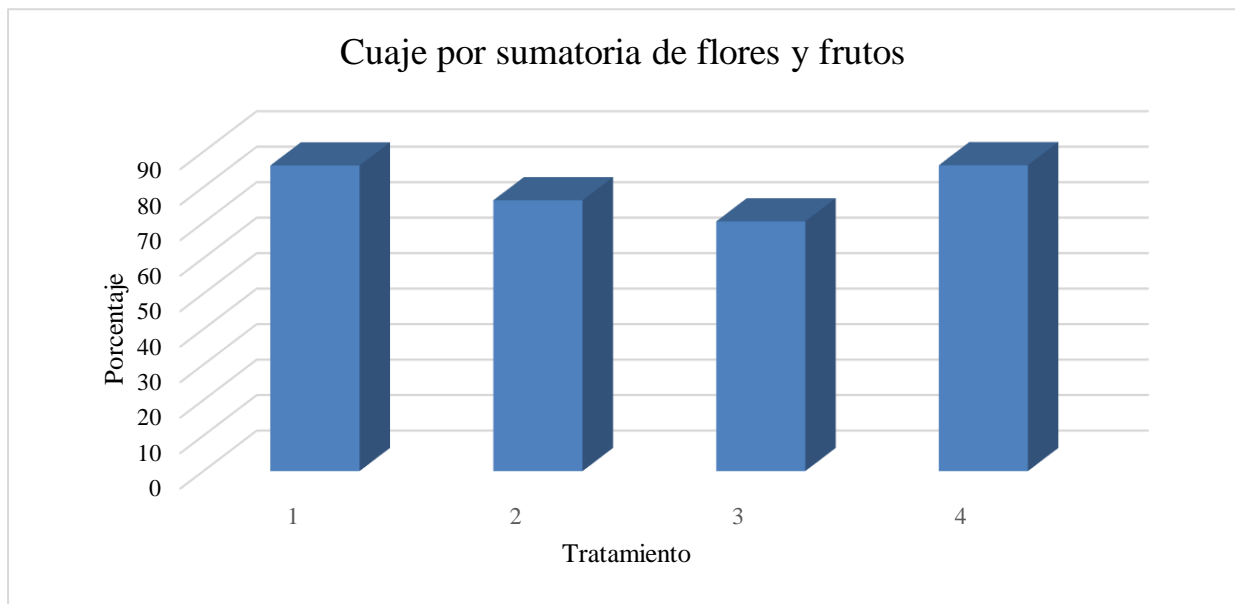


Figura 10. Porcentaje de cuaje según sumatoria de flores y frutos.

5.4 Resultados del Costo Económico

Al realizar el cálculo del costo económico de cada tratamiento, se observa la variación entre los mismos (Tabla 3). El tratamiento dos se definió como el tratamiento más caro, con un aumento del 112% con respecto al testigo y que por lo tanto es el menos rentable de las evaluaciones realizadas. El tratamiento tres fue uno de los tratamientos más caros, con un valor 30% mayor con respecto al testigo.

El tratamiento uno fue el segundo en disminución de costos, el cual representa una variación de un 7.24% con respecto al testigo. El costo más bajo, tanto por hectárea como por fanega, lo obtuvo el tratamiento cuatro, es decir el testigo que no contenía fitohormonas.

Tabla 3. Costo económico por aplicación de tratamientos.

Insumo	Coefficiente técnico	Unidad	Costo Unitario	Unidad de Costo	CRC/ha	CRC/fan
Coadyuvante	3.33	L/ha	4323.31	CRC/L	14411.03	472.49
Fungicida Triazol	4.00	L/ha	34035.85	CRC/L	136148.85	4463.90
Tratamiento 1	6.00	L/ha	11188.95	CRC/L	67136.39	2201.19
Costo T1					217696.26	7137.58
Coadyuvante	3.33	L/ha	4323.31	CRC/L	14411.03	472.49
Fungicida Triazol	4	L/ha	34035.85	CRC/L	136148.85	4463.90
Tratamiento 2	5.00	L/ha	51676.00	CRC/L	258380.00	8471.48
Costo T2					408939.88	13407.86
Coadyuvante	3.33	L/ha	4323.31	CRC/L	14411.03	472.49
Fungicida Triazol	4.00	L/ha	34035.85	CRC/L	136148.85	4463.90
Tratamiento 3	2.40	L/ha	41815.38	CRC/L	100360.94	3290.52
Costo T3					250920.82	8226.91
Coadyuvante	3.33	L/ha	4323.31	CRC/L	14411.03	472.49
Fungicida Triazol	4.00	L/ha	34035.85	CRC/L	136148.85	4463.90
Foliar Zinc	4.00	L/ha	5444.03	CRC/L	21776.99	714.00
Foliar Boro	4.00	Kg/ha	5105.75	CRC/Kg	20423.82	669.63
Costo T4					192760.69	6320.02

6. Discusión

6.1. Efecto de los bioestimulantes

El crecimiento anual de los nudos en las plantas de café es de suma importancia, ya que la cosecha del año siguiente depende de su número, esto según datos del Instituto del Café de Costa Rica (2011).

En el tratamiento uno, al igual que los demás tratamientos en los meses de junio a octubre, no hubo un crecimiento ortotrópico significativo que demuestre que este tratamiento puede aumentar el número de nudos en las plantas (figura 6), este mismo tratamiento ha sido utilizado en otros cultivos como en caña de azúcar, Morales (2019) evaluó la influencia del tratamiento uno en diferentes dosis sobre características como número de hojas, largo de hoja, ancho de hoja, brotes y número de nudos por planta; solo en altura no obtuvo influencia del bioestimulante de igual forma en el presente estudio.

El tratamiento uno se diferenció del testigo en el mes de noviembre y en los últimos tres meses de evaluación; en estos tres meses es donde las plantas comienzan a experimentar el periodo seco, es por esto que según la composición del tratamiento uno, la única fitohormona presente en el producto es la citoquinina, esta fitohormona en niveles altos. En momentos de estrés puede influenciar la activación de proteínas secretoras y antioxidantes, que den una posible resistencia a la sequía, esto se pudo haber dado en el presente estudio por la acumulación de la hormona en las aplicaciones de los meses anteriores. (Prerostova, Dobrev, Gaudinova, Knirs, Körber, Pieruschka & Fiorani, 2018).

En el crecimiento plageotrópico (figura 7), se puede evidenciar que en los meses evaluados de junio hasta febrero, el tratamiento uno tiende a ser igual que el testigo, excepto en el mes de agosto donde existió una diferencia significativa con respecto al testigo, pero que en el tiempo, esa diferencia no pudo ser observada y vuelve a tener una diferencia significativa hasta el mes de marzo, presentando un comportamiento atípico, pero de igual forma se observa un crecimiento exponencial en los últimos tres meses de evaluación.

El tratamiento uno finalizó la evaluación con crecimiento mayor tanto en el plageotrópico como ortotrópico, por lo que, al ser aplicado en ciertos momentos, puede

aumentar el número de nudos en café, esto se puede atribuir, en cierta manera, a que el tratamiento en su composición presenta aminoácidos, algo que no es nuevo en la agricultura, ya que, de igual forma la planta necesita de aminoácidos esenciales que no puede producir por sí misma. Una de las funciones más importantes de los aminoácidos es que participan de la distribución de recursos que pueden incrementar el desarrollo y crecimiento de las plantas. (Kumar V, *et al.* 2017).

Según Abdel-Mawgoud *et al.* (2011) los aminoácidos se relacionan también con la función de ósmosis del citoplasma regulando la apertura de los estomas, lo que ayudaría a la célula y por lo tanto a la planta en momentos de estrés como en los últimos meses de evaluación uno de los aminoácidos más estudiados es el ácido glutámico según Hassan, M.K., Marzouk, M., Fawzy, F., & Saleh, A. (2020) es de especial importancia al momento de la síntesis de tejidos vegetales y puede influenciar en las actividades fisiológicas.

Otros cultivos han comprobado el efecto de los aminoácidos en el crecimiento de las plantas y los han promovido como bioestimulantes según Shehata *et al.* (2011) esto demuestra efectos positivos en crecimiento, rendimiento y mitigación por estrés, inclusive al hacer la mezcla con extracto de algas encontraron un crecimiento mayor al testigo y esto lo relacionan con la promoción de giberelinas a partir de aminoácidos, al igual que el tratamiento uno que presenta aminoácidos y extractos de algas en su composición, lo que podría estar relacionando al crecimiento obtenido en las plantas estudiadas.

El tratamiento dos presentó un desarrollo vegetativo igual al obtenido en el tratamiento testigo, en el cual durante toda la evaluación se comportó igual al testigo, este es el tratamiento con la concentración media de fitohormona citoquinina 0.2 % (anexo 2). De igual forma, Barrantes (2008) utilizó en su estudio el tratamiento dos en diferentes dosis, desde 1.5 a 6 ml por litro de agua aplicado al cultivo de piña, en el cual todas las dosis evaluadas en sus diferentes momentos dieron diámetros menores de la fruta con respecto al testigo, inclusive en el diámetro de la corona, pero esta última característica en piña es positiva; resultados similares se obtuvieron (figura 6 y 7) en donde el crecimiento vegetativo no se ve influenciado de manera efectiva al realizar una aplicación del tratamiento dos durante todos los meses de evaluación.

La composición del tratamiento dos muestra la combinación de citoquinina y auxina, además de giberelinas. Zhang *et al.* (2019) evaluaron el efecto de fitohormonas en hongos *Mortierella alpina* y encontraron que la combinación de auxina y citoquinina inhibe el crecimiento de este organismo. Lo anterior, se relaciona con la aplicación del tratamiento dos, en el que no se demostró un aumento en la cantidad de nudos producidos, tanto en el crecimiento plageotrópico como ortotrópico.

Las auxinas por su parte han sido estudiadas y según Zapata (2013), utilizadas para la elongación de tallos y desarrollo de raíces, en ese sentido son características que no fueron evaluadas en este ensayo, los crecimientos (figura 6 y 7) y la medición de la elongación de los crecimientos no era determinante, Alcántara (2019) menciona que la mezcla de citoquininas y auxinas puede generar más cantidad de brotes vegetativos si la concentración de citoquininas es mayor, lo que se cumple en el tratamiento dos, sin embargo para este estudio en específico, el efecto no se observó en las plantas evaluadas.

Además de las fitohormonas, el tratamiento dos en su presentación integra vitaminas, las cuales tienen funciones dentro de las plantas, según Boubakri, y otros (2016) pueden intervenir en la resistencia a enfermedades en el caso de tiamina, resistencia a algunos estrés abióticos como la riboflavina y el ácido ascórbico como un antioxidante. Sin embargo, aplicaciones realizadas en caña (*Saccharum sp.*) de vitamina B2 (tiamina) según Manzani Lisboa, Combinato, Boaventura Scavacini, Da Silva, & Monteiro de Figueiredo (2018), demostraron que no hay efecto en el crecimiento y que más bien dosis más altas a las 400 mg/L pueden ser tóxicas. Por lo que, el tratamiento que mezcla vitaminas con fitohormonas, según esta investigación no demostraron crecimiento significativo (figura 6 y 7) y necesitan más estudios en aplicaciones posteriores.

De acuerdo con los resultados, el tratamiento tres no obtuvo un crecimiento significativo en el crecimiento ortotrópico desde el mes junio hasta el mes de octubre (figura 6). Posterior a la tercera aplicación, en los meses de noviembre a diciembre se comienza a diferenciar el tratamiento tres y a partir del mes de enero a marzo, último mes de evaluación, se da una diferenciación de este tratamiento con respecto a los otros, por lo que se observó una respuesta más rápida del tratamiento tres con respecto a los otros tratamientos y es el que termina con la mayor cantidad de nudos acumulados durante la evaluación.

Considerando su composición, el tratamiento tres presenta niveles bajos de concentración de fitohormonas en comparación con los demás tratamientos evaluados (anexo 3); Llanes, *et al.* (2019) evidenciaron que al aplicar altas concentraciones de fitohormonas en maíz obtuvieron un menor crecimiento en la altura de los brotes; en sorgo el resultado fue similar, contrariamente obtuvieron que la mezcla de hormonas de baja concentración promovían el crecimiento de brotes y un aumento de materia seca en raíces, lo que concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo con las plantas del tratamiento tres, que recibieron un producto con baja concentración de fitohormonas lo que dio como resultado un mayor crecimiento acumulado.

A partir del mes de setiembre, el tratamiento tres obtuvo un crecimiento exponencial en la cantidad de nudos ortotrópico producidos por bandola; de la misma forma en el mes de enero el crecimiento de las bandolas sometidas al tratamiento tres se vuelve a separar del resto de tratamientos. En Colombia, se han realizado estudios para determinar los meses de mayor crecimiento de las ramas y tallos, según Jaramillo y Valencia 1980, citado por Arcila *et al.*, (2007) en los meses de marzo-abril y setiembre-octubre se da un mayor crecimiento, similar a lo ocurrido en el presente ensayo donde a partir del mes de setiembre se da una marcada diferencia de crecimiento (figura 6).

Esto se refuerza cuando se compara los tratamientos uno, dos y tres que poseen dentro de su composición las fitohormonas citoquininas, es el tratamiento tres el que también posee la menor concentración y que al final del conteo acumula mayor cantidad de nudos por bandola. Resultados similares obtuvieron Costa, *et al.* (2009), al realizar la aplicación de este mismo tratamiento (en su forma comercial y en diferentes dosis) sobre la variedad de café Icatú rojo, obtuvieron como resultado un mayor número de nudos desarrollados en las ramas plageotrópico.

En el crecimiento ortotrópico y plageotrópico (figuras 6 y 7) se muestran los resultados con una similitud en las plantas del tratamiento tres, fueron las que culminaron en los últimos meses con mayor acumulado de nudos. El tratamiento tres dentro de su composición posee dos fitohormonas, además de la citoquinina, ácido giberélico 0.005% y ácido indol-3 butírico 0.005%.

El ácido indol-3-butírico (AIB) se ha utilizado en café como un promotor de raíces en los brotes de las plantas; Vásquez, Allala, Vallejos, Arévalo, Bustamante, Calixto y Vásquez (2018) además, determinaron la dosificación de AIB (1000 ppm o 0.1%) y la edad adecuada (65-74 días) para la recolección de brotes de la variedad de café caturra.

No solo en raíces se ha investigado el AIB, sino también en producción y calidad Baez, Molina, Solís, Bautista y Bernal (2015) encontraron un aumento del 10% en de la producción de trigo y dan su explicación basados en el crecimiento del tallo, también, añaden que la calidad de la producción puede verse influenciada por el crecimiento de raíces laterales y producción de biomasa, lo que relaciona el crecimiento plageotrópico obtenido en este estudio.

El efecto acumulado de realizar las tres aplicaciones anuales en el área de estudio indica una diferenciación entre los tratamientos a partir del mes de setiembre (figura 7), en el cual el tratamiento a pesar de no haber una diferencia significativa, si se demuestra que se separa del resto del crecimiento y durante el mes de enero en adelante se da una separación en las medias.

El ácido giberélico presente en el tratamiento tres está estrechamente relacionado con el crecimiento constante de las plantas, por lo que se encuentra ligado a la elongación de raíces, hojas jóvenes y floración (Alcántara, Godoy, Alcántara, Sánchez, 2019). Esto puede haber influido en el resultado del crecimiento obtenido en esta investigación. En otros estudios, en cultivos como en Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) han demostrado que la aplicación de ácido giberélico influyó determinantemente en el aumento de nuevas ramas e inflorescencias, además a concentración de 60 mg/L hasta 80 ml/L incrementa el número de nudos (Pezo, Dávila y Solís, 2019).

El tratamiento cuatro, el testigo, fue el que se mantuvo por debajo de media en los crecimientos de la planta tanto ortotrópico como plageotrópico, sin embargo, al analizar la composición de los tratamientos el zinc y el boro dentro de sus características son responsables de la síntesis de auxinas en la planta y están relacionados a la elongación de los entrenudos (Guerra, 2006). Estudios relacionados como el que cita Favela, *et al.* (2000), han encontrado que, al aumentar la concentración de zinc en las hojas, no encontraron respuestas

positivas en la longitud del tallo, pero al igual que en este estudio no obtuvieron respuesta tampoco en la cantidad de nudos desarrollados por la planta.

La disminución en la elongación de entrenudos es una característica típica de la deficiencia del zinc según Chávez, Figueroa, & Medina (2003), esta reducción la relacionan con la disminución del ácido indolacético (AIA) una auxina, por lo que, si el zinc promueve el desarrollo de esta hormona, en el presente estudio no fue evidente el resultado con tres aplicaciones. En pecán (*Carya illinoensis*) con dos aplicaciones de quelato de zinc, Favela, *et al.* (2000), lograron alcanzar el límite del elemento zinc. En café dos aplicaciones son suficientes para su corrección (Salomón, s.f.), por lo que las aplicaciones de zinc deberían mantenerse para suplir las necesidades fisiológicas de la planta y por lo observado en este estudio no se debería destinar hacia la función de producción de fitohormonas.

El boro por su parte tiene influencia en las auxinas para el crecimiento y diferenciación celular, pero al igual que el zinc la deficiencia causa entrenudos cortos y crecimiento reducido de bandolas, por lo que pudo influenciar en el crecimiento observado, pero según Salomón es muy difícil encontrar deficiencias de este elemento en Costa Rica para café.

Tanto la primera aplicación realizada en el mes de junio, como la segunda realizada en el mes de agosto no mostraron evidencia de un crecimiento mayor (figura 6 y 7). El crecimiento de la planta no fue lo esperado (de un nudo por mes) en todos los tratamientos y uno de los factores que mayoritariamente pudo incidir fue el efecto del Fenómeno del Niño en el año 2019, que mantuvo una disminución en las lluvias y por lo tanto un estrés en la planta (anexo7).

En la última aplicación realizada en el mes de octubre, hubo una diferencia significativa en el momento de aplicación de los tratamientos con fitohormonas con respecto al testigo o el tratamiento cuatro (figura 6 y 7). Existen factores que inciden directamente sobre el crecimiento de la planta. Según Batista, Guimaraes, Pereira, Rodrigues Carvalho, & Castro (2010) comentan que uno de ellos, es el estrés hídrico, que el agua es fundamental en el crecimiento, además, el estado hídrico influye en el café afectando la productividad directamente (DaMatta, 2004).

Como se puede observar en el (anexo 7) los datos de la estación meteorológica más cercana al estudio, el acumulado de lluvias mensual del año 2019 fue muy bajo, comparado con el historial de años anteriores. Si se compara los niveles de crecimiento, tanto ortotrópico como plageotrópico, la curva del crecimiento ortotrópico logró desarrollar mayor cantidad de nudos, esto se debe a que la planta de café requiere de condiciones específicas para poder crecer y ser productiva.

El crecimiento se activa según Arcila *et al.* (2007) cuando hay una mayor cantidad de nutrimentos, agua y energía solar; bajo ese énfasis esto podría explicar el por qué el crecimiento ortotrópico (figura 6) es mayor en comparación con el crecimiento plageotrópico (figura 7) durante toda la evaluación; esto demuestra que a pesar de tener las mismas condiciones de nutrición y agua, la zona más expuesta a la radiación solar, que es la parte apical de la planta, fue la que culminó con mayor crecimiento en la cantidad de nudos u horquetas.

6.2 Cuaje

Al realizar las aplicaciones foliares, durante el 2019 y la prefloración el 2020, se recalca que ningún tratamiento presentó el 100% del cuaje y que, al analizar la cantidad de flores, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Ariza, *et al.* (2015) en el cultivo de lima no encontraron diferencias significativas en la evaluación de flores y al igual que este estudio tomaron la mayor frecuencia en la cantidad de flores.

Según Godoy *et al.* (2008) la aplicación prefloración se debe enfocar en obtener impactos directos e indirectos sobre las enfermedades de las plantas de café, con la intención de ayudar antes y durante la antesis a proteger la flor así como, realizar un manejo preventivo e integrado de las enfermedades. (Instituto del Café de Costa Rica, 2019b)

Al realizar la evaluación del cuaje, se encontró con nudos que no poseían flores, estos nudos sin flores presentaban condición de enfermedad relacionada con antracnosis (*Colletotrichum sp.*), esto se podía observar a partir del mes de enero: pérdida de follaje y quema en las puntas de las bandolas (anexo 9), enfermedad que en los últimos años según ICAFE (2020b), ha afectado las plantaciones de la zona, en especial en el momento de floración y pudo afectar directamente en el estudio.

La cantidad de flores tan baja se puede explicar debido a que el café necesita que las yemas maduren y pasen por un periodo de estrés hídrico, cuando se cumplen las condiciones anteriores esa latencia se rompe. Si ese periodo seco no fue suficientemente largo (más de 30 días en el trimestre) se observarían floraciones bajas y se han presentado floraciones moderadas con 65 días, esto según (Ramirez *et al.* 2011).

Como se muestra en (anexo 8), el periodo de lluvias acumulado para la estación de San Lorenzo de Tarrazú, en el primer trimestre del año 2020, presentó un estrés hídrico moderado, inclusive en el mes de enero se presentaron lluvias con un acúmulo significativo que provocó una disminución en el estrés hídrico en la región y, por consiguiente, una menor cantidad de flores como resultado. Otro posible factor es la edad de la plantación (cinco años), ya que entra en el periodo de planta adulta y podría entrar en fase de desgaste ameritando poda. El efecto bienal es otro factor que influyó, el año 2019 fue un año de baja cosecha, también hay que considerar la influencia del itinerario agrícola realizado el anterior año.

Dentro de nivel de cuaje observado en la (figura 9) se comprueba que el tratamiento con mayor nivel de cuaje fue el tratamiento a base de zinc y boro, al estudiar los elementos y su relación con el cuaje, se encuentra que el boro y el zinc están estrechamente relacionados con la formación de la flor y, específicamente, con el crecimiento del tubo polínico, autores como Lewis, (1980) y Amezcua Romero & Lara Flores (2017), afirman que la deficiencia de boro y zinc en el momento de fecundación pueden provocar malformaciones en el tubo polínico, que podrían causar que los espermatozoides no se depositen en el saco embrionario, donde se encuentran los óvulos; además según Molina (2002), el zinc influye también en la formación y peso de granos.

Para el cultivo del café, hay poca la literatura sobre la aplicación de biorreguladores, a pesar de esto Cascante (2017) encontró que, al realizar conteo de flores en plantas sometidas a varios tratamientos con biorreguladores, el tratamiento que sobresalió fue el boro más zinc comparado con otros tratamientos como biorreguladores, lo anterior respalda los datos obtenidos en el presente estudio.

El boro juega un papel importante en la floración, según se observa en (figura 10) el tratamiento con mayor cantidad de flores desarrolladas fue el tratamiento cuatro, datos similares obtuvieron Collazos Silva, Vilca Valqui, & Rascón Barrios (2017), quienes

evaluaron la estimulación de floración en piña, los dos tratamientos que contenían dentro de su composición boro agrícola fueron los que demostraron mayor cantidad de flores, además la deficiencia de boro en plantas ocasiona aborto de las flores (IICA, 2016).

Como complemento, al realizar la combinación de zinc y boro se ha evidenciado también un control de enfermedades Costa, y otros (2014) encontraron un control del 80% sobre severidad de la enfermedad de *Phoma sp* en café con un fertilizante foliar que dentro de sus elementos contenía boro y zinc, además de cobre, azufre y manganeso. El mejor momento de aplicación, según Guerra (2006), es el siguiente: para el zinc 45 días después floración y en el caso del boro en pre y post floración.

Las plantas que fueron tratadas con fitohormonas demostraron menor cantidad de flores al final del periodo de evaluación, esto se relaciona con lo que menciona Zapata (2013): no es recomendable la aplicación de la fitohormona auxina en rubiáceas familia del café, debido a que inhibe el crecimiento lateral, donde se originan las flores y después los frutos.

6.3 Costo Económico

El tratamiento testigo es el más barato para adquirirlo por el productor, de manera que este tratamiento genera un ahorro con respecto a los otros (tabla 3).

Al comparar los tratamientos con fitohormonas entre sí, se encontró que el tratamiento uno resultó ser el que posee un costo más barato económicamente y que, según la evaluación de nudos, termina con una de las mayores cantidades de nudos en el crecimiento tanto ortotrópico como plageotrópico. Por lo que se podría pensar, en un mayor costo/beneficio en relación con la cantidad de nudos producidos, pero esto no significa una mayor ganancia para el productor.

En este sentido, al realizar la aplicación con el tratamiento tres, se evidenció un mayor crecimiento vegetativo que podría en algún momento producir mayor cantidad de flores y que, posteriormente, se podrían convertir en frutos, sin embargo, para saberlo la prueba se tendría que llevar hasta un año más para observar los resultados.

El tratamiento tres resultó ser un tratamiento de bajo costo económico, pero si se compara con el testigo, su costo es mayor. Al igual que el tratamiento uno, en este caso el

tratamiento tres presentó un crecimiento superior al resto de los tratamientos a nivel de nudos en los crecimientos evaluados: plageotrópico y ortotrópico; por lo que su inversión resulta en un mayor crecimiento de nudos por bandola de la planta, lo que no significa una mayor rentabilidad para el productor.

Según los datos obtenidos, el tratamiento dos es el que presenta mayor costo económico por hectárea, comparado con todos los demás tratamientos. Esto se debió a que su precio es mayor por unidad de tratamiento en comparación con los demás tratamientos bioestimulantes y que su coeficiente económico es mayor, la dosis por estañón, según fabricante, es mucho mayor si se compara con los demás tratamientos de bioestimulantes y testigo. Si se compara su costo/beneficio se obtuvo el mismo crecimiento de nudos plageotrópico, así como ortotrópico que el testigo por lo que a nivel de rentabilidad no implica un beneficio el invertir en la aplicación (figuras 6 y 7).

7 Conclusiones y recomendaciones

Según los resultados obtenidos en el estudio, bajo las condiciones en que se ha realizado, se concluye que los tratamientos uno y tres fueron estadísticamente los que presentaron un mayor crecimiento acumulado de nudos en las bandolas de café, después de realizar tres aplicaciones foliares.

Se demostró que los tratamientos en los cuales los bioestimulantes, cuya composición presentaban una menor cantidad de fitohormonas, fueron los que demostraron una mayor respuesta al crecimiento de nudos.

Las aplicaciones realizadas en los diferentes momentos no tuvieron efecto en el crecimiento de la planta a nivel ortotrópico, además a nivel de crecimiento plageotrópico solo en la segunda aplicación realizada en agosto, se encontró un aumento significativo del crecimiento en el tratamiento tres, lo que supone que el momento más adecuado para realizar una aplicación con fitohormonas es en agosto, pero se necesita de más estudios, en los que se repita la experiencia para confirmarlo.

La aplicación prefloración no logró el 100% del cuaje, los valores más altos de cuaje los obtuvo la mezcla del boro y zinc del testigo. Por lo que esta aplicación se debe realizar con el objetivo de prevenir enfermedades y a su vez lograr obtener una mejora de cuaje.

La utilización de biorreguladores no logró una mayor cantidad de cuaje al utilizarlos en la aplicación prefloración.

El menor costo económico lo obtuvo el manejo convencional: el tratamiento cuatro. Sin embargo, se necesita de un estudio de mayor duración para analizar el efecto a largo plazo de las fitohormonas que lograron mayor cantidad de nudos, que podrían posteriormente desarrollar frutos para relacionar la productividad y su costo.

La poca cantidad de estudios relacionados con los bioestimulantes y específicamente en café, hace más difícil implementar este tipo de productos, por lo que este estudio se muestra como un aporte más hacia la investigación en busca de aumentar la productividad de los cafetales.

Se recomienda realizar ensayos con más bioestimulantes y en otras zonas del país con diferente clima para reafirmar los datos obtenidos.

Es importante realizar estudios con fitohormonas a largo plazo para analizar la rentabilidad en el costo/beneficio que puede obtener el productor.

8 Bibliografía

- Abdel-Mawgoud, A., El-Bassiouny, A., Ghoname, A., & Abou-Hussein, S. (2011). Foliar Application of Amino Acids and Micronutrients Enhance Performance of Green Bean Crop under Newly Reclaimed Land Conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(6), 51-55.
- Aguilar, M; Melgarejo, M; Romero, C. (2010). Fitohormonas. Experiencias en fisiología y bioquímica vegetal. Bogotá. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de biología. 24p.
- Alcántara Cortes, J. S., Acero Godoy, J., Alcántara Cortés, J. D., & Sánchez Mora, R. M. (2019). Main hormonal regulators and their interactions in plant growth. *NOVA*, 17(32), 109-129.
- Alvarado, M., & Rojas, G. (1998). Cultivo y Beneficiado del Café. San José: EUNED.
- Amezcu Romero, J. C., & Lara Flores, M. (2017). El zinc en las plantas. *Ciencia*, 68(3), 28-35.
- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L., y Hincapié, E. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. Cenicafé. Colombia: Editorial Blanecolor Ltda.
- Ariza, R., Barrios, A., Herrera, M., Barbosa, F., Aceves, A., Otero, M., & Alia, I. (2015). Phytohormones and bio-stimulants to flowering, production. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(7), 1653-1666.
- Baez-Perez, A., González-Molina, L., Solís Moya, E., Bautista Cruz, A., Bernal Alarcón, M. (2015). Efecto de la aplicación del ácido Indol-3-butírico en la producción y calidad del trigo (*Triticum aestivum* L.), *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(3).
- Barrantes Jiménez, S. (2008). Efecto del Agrokin Plus® en el rendimiento y calidad externa e interna de la fruta de piña (*Annanas comusus* L.) Merr. Híbrido M2 en Upala Costa Rica. [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio institucional URI <http://hdl.handle.net/2238/2888>.

- Batista, L., Guimaraes, R., Pereira, F., Rodrigues Carvalho, G., & Castro, E. M. (2010). Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café. *Revista Ciência Agronômica*, 41(3), 475-481.
- Bleeker, A.B. y Kende, H. (2000). Ethylene. *Annual Review of cell and developmental Biology*, 16, 1-18.
- Borjas Ventura, R., Julca Otiniano, A., Alvarado Huaman, L. (2020). Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Revista Selva Andina Biosph*, 8 (2).
- Boubakri, H., Gargouri, M., Mliki, A., Brin, F., Chong, J., & Jbara, M. (2016). Vitamins for enhancing plant resistance. *Planta: An International Journal of Plant Biology*, 244(3), 529-543.
- Brumos, J., Alonso, J.M., Stepanova, A.N. (2014) Genetic aspects of auxin biosynthesis and its regulation. *Physiologia Plantarum*, 151(1) 3-12.
- Camayo, G., Chávez, B., Arcila, J., y Jaramillo, R. (2003). Desarrollo floral del cafeto y su relación con las condiciones climáticas de Chinchiná-Caldas. *CENICAFE*, 54(1), 35-49.
- Camino, M. (2015). Evaluación de dos fitohormonas en el cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) para incrementar su producción. (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Ambato. Cevallos. Ecuador.
- Cantero, E. (2014). Influencia hormonal en el uso eficiente del agua y en respuesta al estrés abiótico del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). (Tesis de Doctorado): Universidad de Murcia, España.
- Cascante, P. (2017). Crecimiento y desarrollo de rebrotes de café (*Coffea arábica* l) mediante la utilización de *Trichoderma harzianum*, foliares a base de reguladores de crecimiento y boro-zinc en la zona de Palmichal, Acosta. (Tesis de Licenciatura). Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Carlos. Costa Rica.
- CENICAFE. (2014). La fenología del café: una herramienta para la toma de decisiones. Colombia, CENICAFE. Consultado 20 de marzo 2019.

https://www.researchgate.net/publication/263162623_La_fenologia_del_cafe_una_herramienta_util_para_apoyar_la_toma_de_decisiones

- Chavez, G., Figueroa, V., & Medina, M. (2003). Abastecimiento de micronutrientos en nogal pecanero. Obtenido de NOGATEC. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2009000200015
- Coelho, P., Silva, D., y Élder, E. (2005). Effect of gibberellic acid, girdling and the biostimulant crop set on yield and quality of bunches in grapes cv. Thompson Seedless in the São Francisco Valley. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27(3), 418-421.
- Collazos Silva, R., Vilca Valqui, N. C., & Rascón Barrios, J. (2017). Utilización de fitohormonas para la inducción floral del cultivo de pifia (*Ananas comosus* (L.) Merr.) en el. *Revista de Investigación Agroproducción Sustentable*, 1(1), 55-62. doi:10.25127/aps.20171.351
- Costa, B. H., V. de Resende, M. L., Ribeiro, P., Mathioni, S., Padua, M., & B. da Silva, M. (2014). Suppression of Rust and Brown Eye Spot Diseases on Coffee by Phosphites and By-products of Coffee and Citrus Industrie. *Journal of Phytopathology*, 162(10).
- Costa, N.R., Domingues, M.S., Rodrigues, J., Filho M. (2009). Desempenho do cafeeiro Icatu vermelho sob ação de biorregulador aplicado em fases reprodutivas da cultura. *Revista Agrariam*, 2 (5). 113-130.
- DaMatta, F. M. (2004). Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 16(1).
- Favela, C., Alcántar, G., Etchevers, B., Baca, C., & Rodriguez, A. (2000). Aspersiones foliares de zinc en nogal pecanero en suelos alcalinos. *Terra*, 18, 238-245.
- Garay, A., Sánchez, M., García, B., Álvarez, E., y Gutiérrez, C. (2014). La Homeostasis de las Auxinas y su Importancia en el Desarrollo de *Arabidopsis thaliana*. *Revista de Educación Bioquímica*, 33(1).
- Garita, R.A. (2014). La Piña. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

- Gil Salaya, G. (2009). *Fruticultura: El potencial productivo*. Santiago, Chile: Editorial Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Godoy, L., Santos, T., Villas, R. L., & Leite, J. B. (2008). Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(1).
- Goswami, D., Thakker, J.N., Dhandhukia, P.C. (2015). Simultaneous detection and quantification of índole-3-acetic acid (IAA) and indole-3-butyric acid (IBA) produced by rhizobacteria from L-tryptophan (Trp) usin HPTLC. *Journal of microbiological methods*. 110, 7-14.
- Granados, R. (2015). *El Ruido del hacha y el humo del carbón: Actividades agropecuarias y explotación del bosque en la tierras de Dota, Costa Rica (1950-2012)*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Guerra, M. T. (2006). *Sistematización de las experiencias obtenidas las aplicaciones folares de Boro (B), Zinc (Zn), Potasio (K) y sus mezclas en el cultivo del café (coffea arábica)* (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Gutiérrez, C. (2019). Rentabilidad financiera en la renovación de siembras de café en los Santos, Costa Rica. *Tecnología en marcha*, 32 (1) 179-192.
- Gutiérrez M. (2002). *Aspectos básicos de la nutrición mineral de las plantas: absorción foliar de sustancias útiles en la aplicación de agroquímicos al follaje*. Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Consultado 10 de enero de 2020. <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>
- Hassan, M.K., Marzouk, M., Fawzy, F., & Saleh, A. (2020). Effect of bio-stimulants foliar applications on growth, yield, and product quality of two Cassava cultivars. *Bulletin of the National Research Centre*, 44(59), 9.
- IICA. (2016). *Manejo de suelos ácidos de las zonas altas en Honduras, conceptos y metodos*. (IICA, Ed.) Recuperado de:

<http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf;jsessionid=7DD0BDC911E0EB396987AAAFBC34693A?sequence=1>

Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). (2011). *Guía Técnica para el Cultivo del Café* (Primera ed.). Heredia, Costa Rica: Litografía e Imprenta LIL, S.A.

Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE) (2013). *Café de Costa Rica: el espíritu de una nación*. Instituto del Café de Costa Rica. San José: Editorial Río Nevado S.A.

Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). (2018). *Informe de la actividad cafetalera de Costa Rica*. Costa Rica. Instituto del Café de Costa Rica. Consultado 03 marzo 2019. Recuperado de: <http://www.icafe.cr/sector-cafetalero/informacion-de-mercado/informes-de-la-actividad-cafetalera/>

Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). (2019a). *Sector Cafetalero: Clima del café*. Costa Rica. Instituto del Café de Costa Rica. Consultado 03 de abril 2020. www.icafe.cr.

Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). (2019b). *Sistema de alerta y recomendación temprana para el combate de la roya*. Obtenido de ICAFFE: http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/roya_cafe/sistema_alerta/2019/03-Marzo.pdf

Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). (2020a). *Costos de producción agrícola de café en fruta cosecha 2017-2018*. Costa Rica. Instituto del Café de Costa Rica. Unidad de estudios económicos y mercado del ICAFFE. Consultado 15 de agosto de 2020. <http://www.icafe.cr/sector-cafetalero/informacion-de-mercado/costo-de-la-actividad-cafetalera/>

Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). (2020b). *Guía técnica del cultivo del café*. Heredia, Heredia, Costa Rica: ICAFFE-CICAFFE.

Jiménez, A. (2013). *El café en Costa Rica: gran modelador del costarricense*. San José: Editorial UCR.

Korasick, D.A., Enders, T.A., Strader L.C. 2013. Auxin biosynthesis and storage forms. *Journal of Experimental Botany*. 64 (9) 2541-2555.

Kumar, V., Sharma, A., Kaur, R., Thukral, A., & Bhardwaj, R. (2017). Differential distribution of amino acids in plants. *Scholarly Journals*, 49, 821-869.

- Kyozuka, J. (2007). Control of shoot and root meristem function by cytokinin. *Plant Biology*, 10(5), 442-446.
- Lewis, D. (1980). Are there inter-relations between the metabolic role of boron, synthesis of phenolic phytoalexins and the germination of pollen?. *New Phytol*, 84, 261-270.
- Llanes, A., Iparraguirre, J., Masscierelli, O., Maria, N., Luna, V. (2019). Foliar application of phytohormones enhances growth of maize and soybean seedlings. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45 (1), 61-66.
- Ludwing, J. (2000). Indole-3-butyric acid in plant growth and development. *Journal Plant Growth Regulation*. 32, 219-230.
- Manzani Lisboa, L., Combinato, G., Boaventura Scavacini, L., Da Silva, L., & Monteiro de Figueiredo, P. (2018). TIAMINA COMO PROMOTORA DEL CRECIMIENTO. *Cultivos Tropicales*, 39(3), 58-64.
- Molina, E. (2002). Centro de Investigaciones Agronómicas UCR. Obtenido de fertilización foliar de cultivos frutícolas Consultado 05 mayo 2019: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>.
- Morán, J.L. (2014). Promoción y capacitación del uso de biorreguladores en tomate, en la región central de Guatemala. (Tesis de Licenciatura). Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
- Morales Solís, R.D. (2019). Efecto de Dosis de Bioestimulantes en crecimiento y desarrollo de *Saccharum officinarum* L. “Caña de Azúcar” Valle de Huaura. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrión]. Repositorio Institucional UNJFSC <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/3303/>
- Pérez, M.F. (2014). Evaluación de tres sustratos y cuatro dosis de bioestimulantes para la producción de pimiento ornamental (*Capsicum annum*) bajo invernadero en Quito, Pichincha. (Tesis de Licenciatura). Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador.

- Pezo, M., Marquez-Dávila, K., Solís, R. (2019). El ácido giberélico incrementa el rendimiento de plantas adultas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*). *Scientia Agropecuaria*, 10 (4). 455-460.
- Quilambaqui, J.C. (2003). El efecto de las fitohormonas en fruticultura. La Granja: *Revista de la Ciencias de la vida*, 2(1),29-30
- Prerostova, S., Dobrev, P., Gaudinova, A., Knirsc, V., Körber, N., Pieruschka, R., & Fabio Fiorani, F. (22 de Mayo de 2018). Cytokinins: Their Impact on Molecular and Growth Responses to Drought Stress and Recovery in Arabidopsis. *Frontiers in Plant Science*, 9(655).
- Presidencia de la República. (2019). Costa Rica se prepara para producir 2.5 millones de fanegas de café en un plazo de 3 años. Costa Rica. San José. Consultado 21 de enero 2021. Costa Rica proyecta producir 2.5 millones de fanegas de café en un plazo de 3 años – Presidencia de la República de Costa Rica
- Ramirez, V. H., Arcila, J., Jaramillo, A., Rendón, R., Cuesta, G., García, J., . . . Baute, J. (Mayo de 2011). Variabilidad Climática y la floración del café en Colombia. (S. Marín, Editor) Obtenido de Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE): <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/333/1/avt0407.pdf>
- Robles, A., Concepción, M., Lagunes, A., Gómez, R., Gutiérrez, J., Díaz, O., y Martínez, L. (2012). Giberelinas, Citosinas y protector solar en la calidad de flor de rosal (rosa x hybrida). *Revista Bioagro*, 24(1).
- Rojas, M. (2013). Aspersión foliar de cafetales para el control de plagas y enfermedades. *Revista Informativa ICAFE*, 3(1),1-16.
- Saborío, F. (2002). Bioestimulantes en fertilización foliar. Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Consultado 25 de abril de 2020. <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilización%20Foliar.pdf>
- Samper, K., Peters, M., Gertrud, S. (2001). *Café de Costa Rica: Un viaje a lo largo de su historia*. San José: Editorial ICAFE.

- Salomón Herrea, J. (s.f.). Suelo nutrición y fertilización. [Archivo PDF].
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwivmpqVwIvwAhUKmuAKHSWKAJoQFjAAegQIAxAD&url=https%3A%2F%2Fwww.ihcafe.hn%2F%3Fmdocs-file%3D4264&usg=AOvVaw0ht5J0AILoK2AcioZm62la>
- Seeta, S., Vidya, B., Sujatha, E & Anuradha, S. (2002). Brassinosteroids: a new class of phytohormones. *Current Sci*, 10(82). 1239-1245.
- Shehata, S., Abdel-Azem, H., Abou El-Azem, A., & El-Gizawy, A. (2011). Effect of Foliar Spraying with Amino Acids and Seaweed. *European Journal of Scientific Research*, 58(2), 257-265.
- Taiz, L. (2006). *Physiology vegetal*. Inglaterra. Editorial Universidad Jaume. p.690
- Ureña, J.M. (2018). Reporte del Mercado Internacional de Café. *Revista el Cafetalero*, 5 (19).
- World Coffee Research. (2016). *Coffee Varieties of Mesoamerica and the Caribbean*. United States, 2019. Consultado 18 de marzo de 2020. <https://worldcoffeeresearch.org/>.
- Xu, X., Liu, G., Fan, Q., Chen, J., Wang, Y., Zhang, Y., Wang, H. (2018). Effects of gibberellin on the activity of anammox bacteria. *Journal of Environmental Management*, 1(225), 104-111.
- Zapata, L. (2013). Evaluación de la incidencia de la aplicación foliar de ácido giberélico en la floración de árboles de Coffea arábica L y su impacto frente al cambio climático (Tesis de Licenciatura). Universidad de Manizales. Colombia.
- Zhang, H., Wang, Z., Feng, Y., Cui, Q., Song, X. (2019). Phytohormones as stimulators to improve arachidonic acid biosynthesis in *Mortierella alpine*. *Enzyme and microbial technology*, 131.

9 Anexos

Anexo 1. Composición del Tratamiento 1

Componente	Concentración	Dosis por hectárea
Aminoácidos libres	7.1%	1 Litro
Nitrógeno Orgánico	1.4%	
Extracto de algas	17.5%	
Azúcares reductores	11.7%	
Materia orgánica	21%	
Ácido algínico	4.1%	
Manitol	0.6%	
Fitohormonas		
Citoquininas	0.5%	

Anexo 2. Composición del tratamiento 2.

Componente	Concentración	Dosis por hectárea
Colina	748,81 ppb	1.5 ml/L
Tiamina	100,11 ppb	
Niacina	84,56 ppb	
Ácido Pantoténico	2,53 ppb	

Riblofavina	0,56 ppb	
Ácido Fólico	0,92 ppb	
Nicotinamida	0.16 ppb	
Fitohormonas		
Citoquininas	2081,90 ppm : 0.20%	
Auxinas	30,50 ppm: 0.003%	
Giberelinas	31 ppm: 0.003%	

Anexo 3. Composición del tratamiento 3.

Componente	Concentración	Dosis por hectarea
Citoquinina	0,009%	260 cc
Acido 3-Indol Butírico	0,005%	
Ácido Giberélico	0,005%	

Anexo 4. Resultados estadísticos del crecimiento plageotrópico y ortotrópico.

Variable dependiente: Ortotrópico

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1	R2_2	R2_3
600	1135,15	1325,57	-523,57	0,50	0,88	0,89	0,90	0,94

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	504	837,84	<0,0001
Tratamiento	3	6	2,22	0,1870
Mes	9	504	808,58	<0,0001
Tratamiento:Mes	27	504	3,07	<0,0001

Plageotropico - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Mes

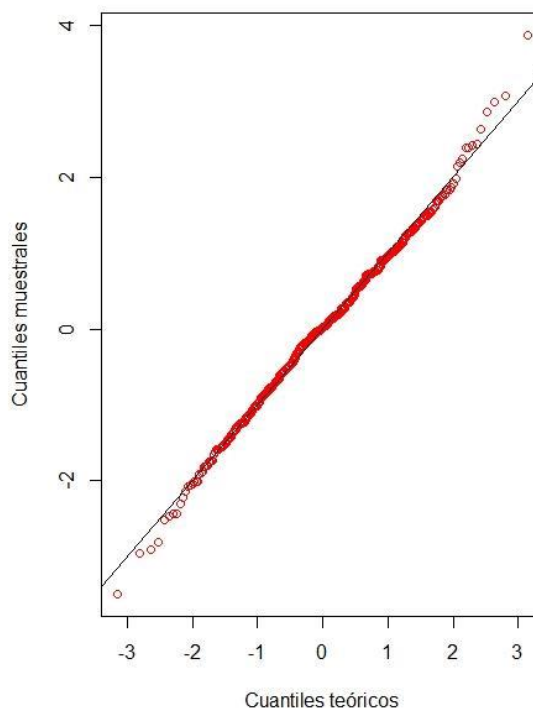
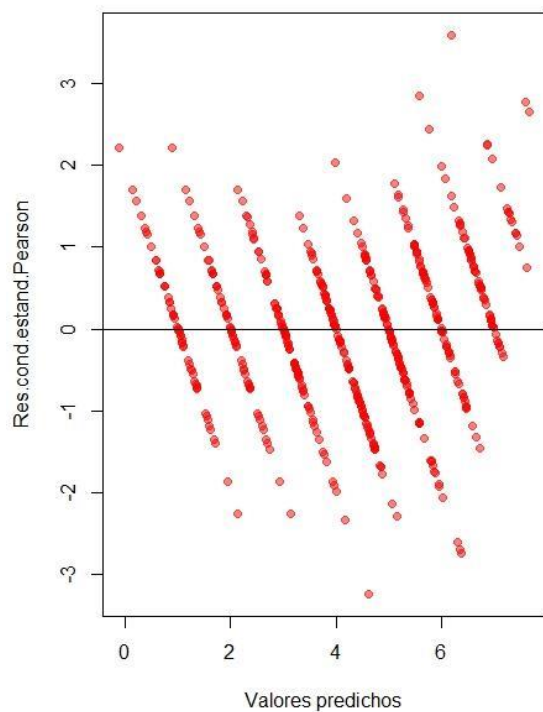
DGC (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Mes	Medias	E.E.	
3	Marzo	7,07	0,25	A
3	Febrero	6,93	0,25	A
1	Marzo	6,73	0,25	A
1	Febrero	6,67	0,25	A
3	Enero	6,40	0,25	B
2	Marzo	6,20	0,25	B
2	Febrero	6,20	0,25	B
4	Marzo	6,00	0,25	B
1	Enero	5,93	0,25	B
3	Diciembre	5,80	0,25	B
4	Febrero	5,73	0,25	B
1	Diciembre	5,40	0,25	C
2	Enero	5,33	0,25	C
3	Noviembre	5,13	0,25	C
4	Enero	5,07	0,25	C
2	Diciembre	5,00	0,25	C
1	Noviembre	4,93	0,25	C
4	Diciembre	4,87	0,25	C
2	Noviembre	4,73	0,25	C
3	Octubre	4,53	0,25	D
4	Noviembre	4,40	0,25	D
1	Octubre	4,33	0,25	D
2	Octubre	4,13	0,25	D
4	Octubre	4,13	0,25	D

3	Setiembre	3,87	0,25	E	
1	Setiembre	3,73	0,25	E	
2	Setiembre	3,47	0,25	E	
4	Setiembre	3,47	0,25	E	
1	Agosto	3,00	0,25	F	
3	Agosto	3,00	0,25	F	
2	Agosto	2,93	0,25	F	
4	Agosto	2,87	0,25	F	
1	Julio	2,00	0,25	G	
3	Julio	2,00	0,25	G	
4	Julio	2,00	0,25	G	
2	Julio	2,00	0,25	G	
1	Junio	1,00	0,25		H
3	Junio	1,00	0,25		H
2	Junio	1,00	0,25		H
4	Junio	1,00	0,25		H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)



Anexo 5. Resultados estadístico del crecimiento plageotrópico

Resultados para el modelo: mlm.modelo.006_Nudos_REML

Variable dependiente: Plageotrópico

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1	R2_2
120	150,92	255,73	-31,46	0,12	0,93	0,93	0,95

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	72	6164,48	<0,0001
Tratamiento	3	6	7,43	0,0191
Mes	9	72	439,98	<0,0001
Tratamiento: Mes	27	72	2,24	0,0035

Nudos - Medias ajustadas y errores estándares para Mes*Tratamiento

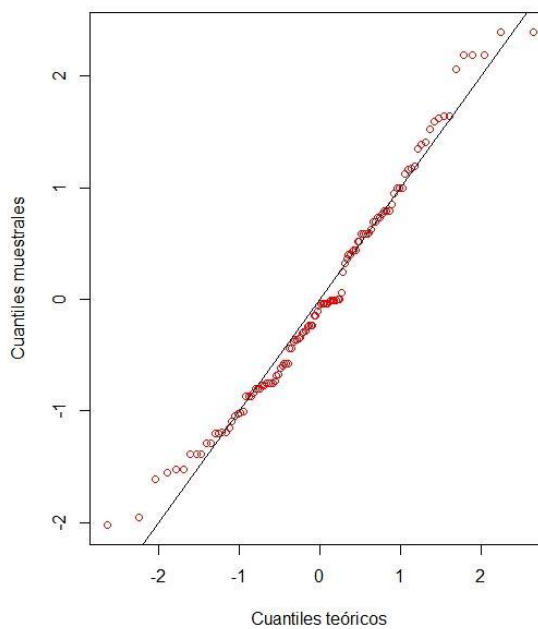
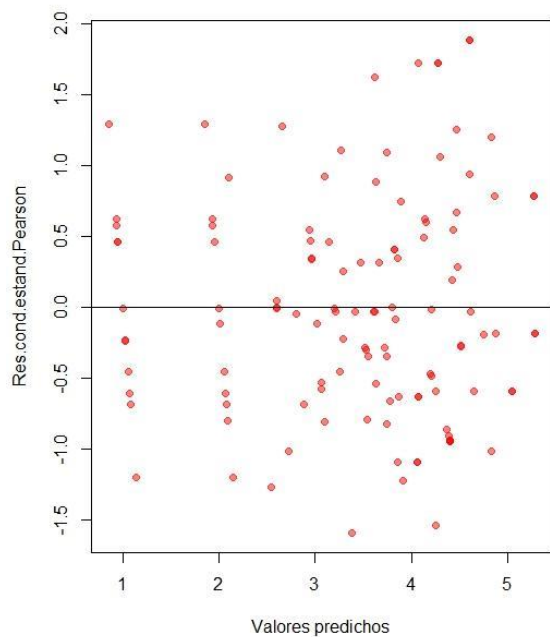
DGC (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

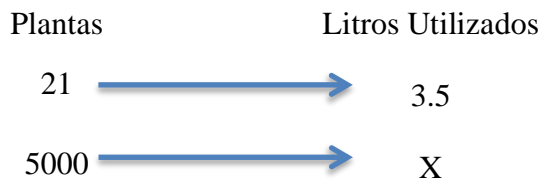
Mes	Tratamiento	Medias	E.E.	
Marzo	3	5,20	0,25	A
Febrero	3	5,20	0,25	A
Enero	3	4,80	0,25	A
Marzo	1	4,80	0,25	A
Diciembre	3	4,53	0,25	B
Febrero	1	4,49	0,25	B
Marzo	2	4,47	0,25	B
Febrero	2	4,47	0,25	B
Marzo	4	4,42	0,25	B
Noviembre	3	4,40	0,25	B
Febrero	4	4,25	0,25	B
Enero	1	4,18	0,25	B
Enero	2	4,13	0,25	B
Diciembre	2	4,13	0,25	B
Octubre	3	4,07	0,25	B
Noviembre	2	3,93	0,25	B
Enero	4	3,83	0,25	B
Diciembre	4	3,80	0,25	B

Diciembre	1	3,80	0,25	B		
Noviembre	4	3,67	0,25	B		
Octubre	2	3,60	0,25	B		
Noviembre	1	3,60	0,25	B		
Setiembre	3	3,53	0,09	B		
Octubre	4	3,47	0,25	B		
Octubre	1	3,27	0,25		C	
Setiembre	4	3,20	0,09		C	
Setiembre	2	3,13	0,09		C	
Setiembre	1	3,07	0,09		C	
Agosto	1	2,93	0,09		C	
Agosto	3	2,87	0,09		C	
Agosto	2	2,67	0,09			D
Agosto	4	2,60	0,09			D
Julio	1	2,07	0,09			
Julio	3	2,00	0,09		E	
Julio	2	2,00	0,09		E	
Julio	4	2,00	0,09		E	
Junio	3	1,00	0,09			F
Junio	4	1,00	0,09			F
Junio	2	1,00	0,09			F
Junio	1	1,00	0,09			F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)



Anexo 6. Procedimiento para calcular los litros utilizados por hectárea

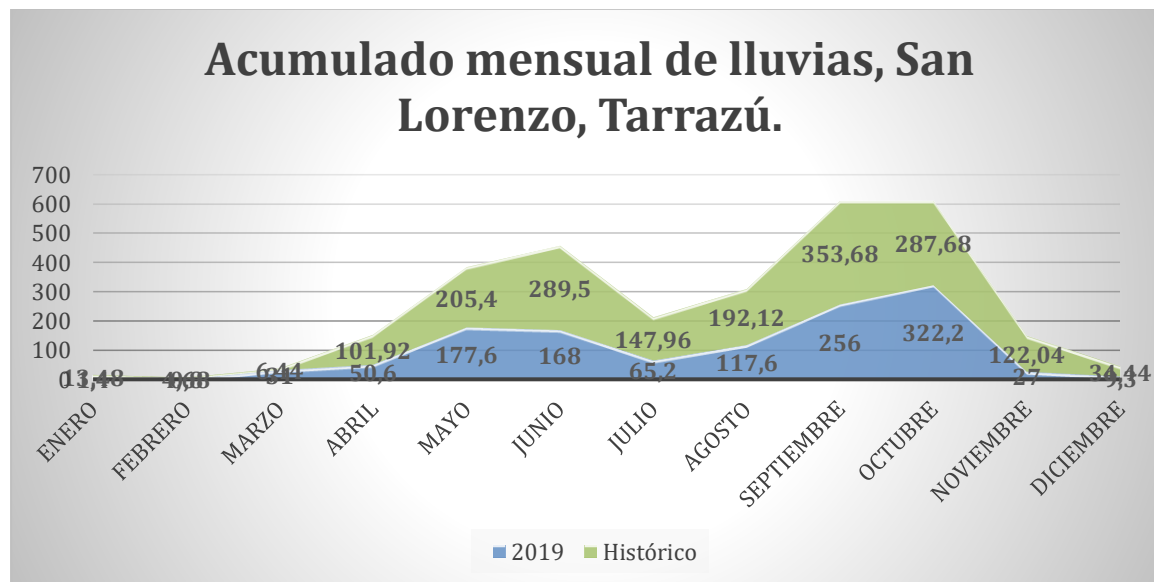


$$X = 833.33 \text{ L/ha}$$

Producto	L/ha	Dosis ml/ha ^a	Litros/ha	Número Aplicaciones	CT
Coadyuvante	833.33	833.33	0.83	4	3.33
Fungicida	833.33	1000.04	1.00	4	4.00
T1	833.33	1500.00	1.50	4	6.00
T2	833.33	1250.00	1.25	4	5.00
T3	833.33	600.00	0.60	4	2.40
Zinc	833.33	1000.00	1.00	4	4.00
Boro	833.33	1000.00	1.00	4	4.00

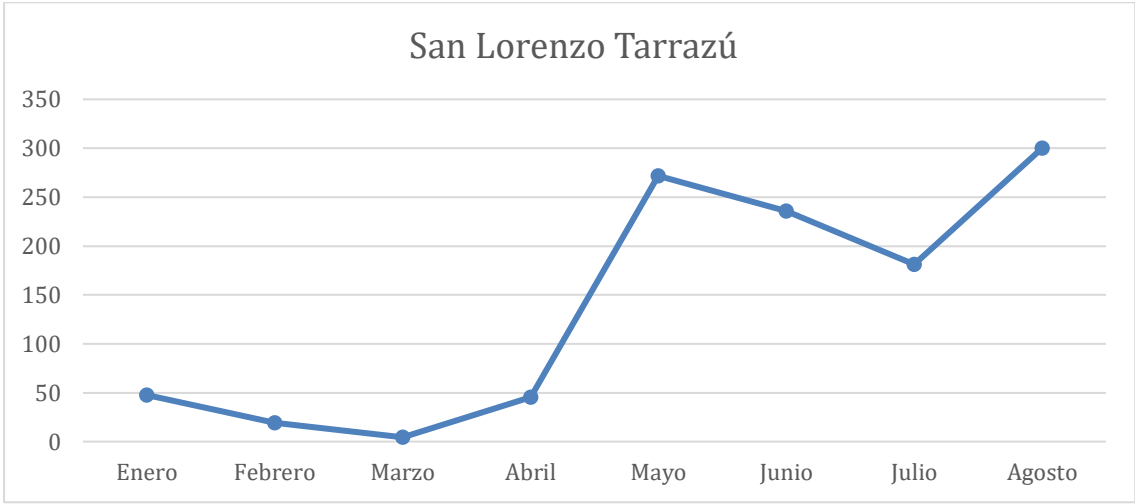
a. Dosis según ficha técnica de cada producto

Anexo 7. Acumulo de lluvias mensual, estación meteorológica San Lorenzo, Tarrazú.



Adaptado: (Instituto del Café de Costa Rica, ICAFE, 2020).

Anexo 8. Acumulado de lluvias del año 2020, estación meteorológica San Lorenzo de Tarrazú



Anexo 9. Problemas de antracnosis detectados antes de antesis en el ensayo.

