



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

Efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el desarrollo de café (*Coffea arabica* L.) var. Castillo en la Quinta Experimental Docente La Argelia.

**Trabajo de Integración Curricular,
previo a la obtención del título de
Ingeniero Agrónomo**

AUTOR:

Jorge Hernán Requelme Acaro

DIRECTOR:

Ing. Max Enrique Encalada Córdova PhD.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 07 de agosto de 2023

Ing. Max Enrique Encalada Córdova PhD

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el desarrollo de café (*Coffea arabica* L.) var. Castillo en la Quinta Experimental Docente La Argelia**, de la autoría del estudiante **Jorge Hernán Requelme Acaro**, con **cédula de identidad Nro. 0706151404**, cada vez que el estudiante cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Max Enrique Encalada Córdova PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Jorge Hernán Requelme Acaro**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 0706151404

Fecha: 21 de noviembre de 2023

Correo electrónico: jorge.requelme@unl.edu.ec

Teléfono: 0988696314

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Jorge Hernán Requelme Acaro**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el desarrollo de café (*Coffea arabica* L.) var. Castillo en la Quinta Experimental Docente La Argelia** como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los veintiún días del mes de noviembre del dosmil veintitrés.



Firma:

Autor: Jorge Hernán Requelme Acaro

Cédula de identidad: 0706151404

Dirección: El Oro - Piñas

Correo electrónico: jorge.requelme@unl.edu.ec

Teléfono: 0988696314

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular:

Ing. Max Enrique Encalada Córdova PhD.

Dedicatoria

“Un sueño no se hace realidad por arte de magia, necesita sudor, determinación y trabajo duro”

Este Trabajo de Integración Curricular va dirigido de manera especial a mis queridos padres María del Cisne Acaro Valarezo y Jorge Antonio Requelme Sánchez por siempre estar conmigo en días buenos o malos, con un mensaje, apoyo o consejo a la distancia que tuve que estar para cumplir mi anhelado sueño, también han sido los responsables para que yo pueda culminar con éxito mi carrera universitaria, así mismo a mis apreciados hermanos Byron Requelme y Rony Requelme por siempre estar para mí ante cualquier situación. A toda mi familia que siempre me rodeo y se sintieron orgullosos de lo que estaba logrando como persona, a mis abuelitos Hernán, Rosa, tías Sonia, Rosa, Ketty, primas y amigos por su respaldo incondicional. “Muchísimas Gracias por todo”.

Esto es para ustedes y por ustedes.

Jorge Hernán Requelme Acaro

Agradecimiento

En primer lugar, le agradezco a Dios por todas las bendiciones brindadas y ser mi guía espiritual a lo largo de mi vida, además de permitirme continuar mis estudios en la prestigiosa Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria de Recursos Naturales y Renovables de la carrera de Ingeniería Agronómica, así mismo expresar mis sinceros agradecimientos al director de esta tesis, Ing. Max Encalada PhD y al Ing. Klever Cuenca por la dirección, dedicación, apoyo y rigor que me han brindado en este trabajo, por el respeto a mis sugerencias e ideas y por el respaldo ante cualquier situación presenciada.

A mis padres, hermanos, tías, familiares y amigos por su apoyo moral y económico para poder realizar mis estudios universitarios, ustedes siempre han sido el motor que impulsa mis sueños y deseos, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudios.

A mis amigos y compañeros Richard, Jonathan, Cristian, Evelyn, Yamilex, María Fernanda, Junior, Adrian, Alexis y Dalila, hoy culminamos esta maravillosa aventura y no puedo dejar de recordar cuantas tardes y horas de trabajo nos juntamos a lo largo de nuestra formación. Como todos sabemos todo principio tiene su fin, en este caso no es la excepción ya que nos toca cerrar un capítulo maravilloso en esta historia llamada “Vida Universitaria”, no puedo dejar de agradecerles por su apoyo mientras fuimos estudiantes y en el desarrollo de la tesis. “Gracias por estar siempre allí”.

Jorge Hernán Requelme Acaro

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas:	x
Índice de figuras:	xi
Índice de anexos:	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción	4
3.1. Objetivo General.....	6
3.2. Objetivos Específicos	6
4. Marco Teórico	7
4.1. Importancia del Café en Latinoamérica y el Ecuador	7
4.2. Distribución de la Producción Cafetalera en el Ecuador	7
4.3. Botánica y Taxonomía.....	8
4.4. Fenología	8
4.5. Condiciones Edafoclimáticas	9
4.5.1. Temperatura.....	9

4.5.2. Viento	9
4.5.3. Altitud.....	9
4.5.4. Precipitación.....	9
4.5.5. Humedad relativa.....	10
4.6. Bioestimulantes en la Agricultura	10
4.6.1. ¿Qué es un bioestimulante?	10
4.6.2. Clasificación de los bioestimulantes.....	10
4.6.3. Características de los bioestimulantes	10
4.6.4. Beneficios del uso de bioestimulantes.....	10
4.7. Bioestimulantes usados en la presente investigación	11
4.7.1. Folizyme GA	11
4.7.2. Evergreen.....	12
4.7.3. Isabion	13
4.8. Estudios Realizados Sobre el Uso de Bioestimulantes.....	15
5. Metodología.....	16
5.1. Localización del Estudio	16
5.2. Metodología General	17
5.2.1. Diseño experimental.....	18
5.2.2. Esquema del diseño experimental	18
5.2.3. Muestreo aleatorio	19
5.2.4. Labores culturales.....	19
5.2.5. Modelo estadístico del diseño experimental.....	20
5.3. Metodología Para Cada Objetivo	20

5.3.1. Metodología para el primer objetivo “Identificar el efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el crecimiento de las plantas de café (Coffea arabica L.) var. Castillo en la Quinta Experimental Docente La Argelia”	20
5.3.2. Metodología para el segundo objetivo “Describir el comportamiento fisiológico de las plantas de café (Coffea arabica L.) var. Castillo con la aplicación de tres bioestimulantes en la Quinta Experimental Docente La Argelia”	21
5.4. Análisis Estadísticos	23
6. Resultados	24
6.1. Variables Morfológicas	24
6.1.1. Área foliar (AF)	24
6.1.2. Diámetro del tallo (DT)	24
6.1.3. Altura de la planta (AP).....	25
6.1.4. Número de ramas por planta (NR)	26
6.1.5. Longitud y ancho del fruto (LF-AF).....	26
6.2. Variables Fisiológicas.....	28
6.2.1. Densidad e índice estomático de las hojas.....	28
6.2.2. Contenido de clorofila (Índice de SPAD).....	28
6.2.3. Conductancia estomática de las hojas	29
7. Discusión	30
8. Conclusiones	34
9. Recomendaciones	35
10. Bibliografía	36
11. Anexos	41

Índice de tablas:

Tabla 1. Composición química del producto comercial Folizyme GA utilizado en el cultivo de <i>Coffea arabica</i> var. Castillo en La Quinta Experimental Docente La Argelia.	12
Tabla 2. Composición química del producto comercial Evergreen utilizado en el cultivo de <i>Coffea arabica</i> var. Castillo en La Quinta Experimental Docente La Argelia.	13
Tabla 3. Composición química del producto comercial Isabion utilizado en el cultivo de <i>Coffea arabica</i> var. Castillo en La Quinta Experimental Docente La Argelia.	14
Tabla 4. Bioestimulantes, tratamientos y dosis utilizados en el proyecto realizado en el cultivo de <i>Coffea arabica</i> var. Castillo en la Quinta Experimental Docente La Argelia.	18
Tabla 5. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en el área foliar de las plantas de <i>Coffea arabica</i> var. Castillo a los 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia.....	24
Tabla 6. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en el diámetro del tallo de las plantas de <i>Coffea arabica</i> var. Castillo a los 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia. .	25
Tabla 7. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en el número de ramas de las plantas de <i>Coffea arabica</i> var. Castillo a los 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia. .	26
Tabla 8. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en la densidad e índice estomático en las hojas de las plantas de <i>Coffea arabica</i> var. Castillo a los 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia.	28
Tabla 9. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en el contenido de clorofila en las hojas de las plantas de <i>Coffea arabica</i> var. Castillo a los 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia.	28
Tabla 10. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en la conductancia estomática en las hojas de las plantas de <i>Coffea arabica</i> var. Castillo a los 30 y 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia.	29

Índice de figuras:

Figura 1. Mapa de zonas productoras de café en el Ecuador (CORECAF, 2012).	8
Figura 2. Fases fenológicas del cultivo de café (Vignole et al. 2018).	9
Figura 3. Localización del proyecto de café en la Quinta Experimental Docente La Argelia, perteneciente a la Universidad Nacional de Loja, de la parroquia Punzara (ArcMap, 2022).....	17
Figura 4. Esquema del diseño experimental del cultivo de <i>Coffea arabica</i> var. Castillo (DBCA) utilizado en la Quinta Experimental Docente La Argelia.	19
Figura 5. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en la altura de las plantas de <i>Coffea arabica</i> var. Castillo a los 30, 60, 90, 120 y 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia.....	25
Figura 6. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en la longitud del fruto de las plantas de <i>Coffea arabica</i> var. Castillo a los 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia. ...	27
Figura 7. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en el ancho del fruto de las plantas de <i>Coffea arabica</i> var. Castillo a los 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia. ...	27

Índice de anexos:

Anexo 1. Preparación y dosificación del bioestimulante (Evergreen) en una bomba de 20 L para la aplicación foliar a los diferentes tratamientos.	41
Anexo 2. Aplicación foliar de los bioestimulantes en los diferentes tratamientos en el cultivo de café var. Castillo en la Quinta Experimental La Argelia.	41
Anexo 3. Dispositivo SPAD 502 Plus utilizado para el registro de los datos de la clorofila de las hojas en las plantas de café var. Castillo en la Quinta Experimental La Argelia.	42
Anexo 4. Calibrador digital utilizado para recolectar los datos del diámetro del tallo de las plantas de café var. Castillo en la Quinta Experimental La Argelia.	42
Anexo 5. a) Registro de datos con el SPAD 502 Plus; b) Registro de datos con calibrador digital en las plantas de café var. Castillo en la Quinta Experimental La Argelia.	43
Anexo 6. Aplicación y recolección de la película de esmalte en las hojas de las plantas de café var. Castillo en la Quinta Experimental La Argelia.	43
Anexo 7. Etiquetado de la muestra estomática obtenida de las hojas en las plantas de café var. Castillo en la Quinta Experimental La Argelia.	44
Anexo 8. Observación de los estomas en el microscopio Leica modelo DM 1000 obtenidas de las hojas en las plantas de café var. Castillo de los diferentes tratamientos.	44
Anexo 9. Visualización y conteo de los estomas y células epidérmicas de las hojas de café var. Castillo de los diferentes tratamientos.	45
Anexo 10. Producción y cosecha de las plantas de café var. Castillo correspondiente al T3 (Evergreen) en la Quinta Experimental La Argelia.	45
Anexo 11. Frutos obtenidos de las plantas de café var. Castillo correspondiente a todos los tratamientos en la Quinta Experimental La Argelia.	46
Anexo 12. Registro del peso de 100 frutos correspondiente al T2 obtenidos de las plantas de café var. Castillo en la Quinta Experimental La Argelia.	46

Anexo 13. Microscopio Leica modelo DM 1000.....	47
Anexo 14. Bioestimulantes comerciales utilizados en las plantas de café var. Castillo.	47
Anexo 15. Certificado de traducción del resumen	48

1. Título

**Efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el desarrollo de café (*Coffea arabica* L.)
var. Castillo en la Quinta Experimental Docente La Argelia.**

2. Resumen

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Quinta Experimental Docente La Argelia de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, el objetivo fue determinar el efecto de tres bioestimulantes en el desarrollo de café var. Castillo mediante el registro de variables de crecimiento. Se utilizaron 4 tratamientos con 4 repeticiones (T1: 0 ml Testigo; T2: 30 ml de Folizyme GA; T3: 30 ml de Evergreen y T4: 10 ml de Isabion); se evaluaron variables morfológicas como: área foliar, diámetro del tallo, altura de la planta, número de ramas, longitud y ancho del fruto, peso del fruto y, fisiológicas como: densidad e índice estomático, contenido de clorofila y conductancia estomática de las hojas. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), donde la unidad experimental (U.E) estuvo compuesta por 8 plantas con características homogéneas, los datos se analizaron mediante análisis de varianza y las medias fueron comparadas utilizando la prueba de Tukey ($p > 0,05$). Las plantas manejadas con el bioestimulante Evergreen (T3) presentaron diferencias estadísticas a los 150 después del tratamiento (DDT) en área foliar con $37,50 \text{ cm}^2$; sin embargo, para la variable de altura, diámetro del tallo y número de ramas no se presentaron diferencias entre los tratamientos. Así mismo, en longitud, ancho y peso de 100 frutos, el tratamiento (T3) presentó los valores mayores. En cuanto a las variables fisiológicas, a los 150 DDT el T4 presentó el mayor número de estomas con 178,63 en 1 mm^2 , mientras que el T2 alcanzó el valor más alto de índice estomático; así mismo, el contenido de clorofila presentó diferencias estadísticas entre el T3 con 76,49 Unidades SPAD y el T1 con 68,61 Unidades SPAD, mientras tanto, para la conductancia estomática a los 30 DDT el valor más alto lo obtuvo el T1 con $194,54 \text{ mmol/m}^2/\text{s}$ y a los 150 DDT el T2 obtuvo $150,69 \text{ mmol/m}^2/\text{s}$. En conclusión, el uso de bioestimulantes contribuyó con el desarrollo del cultivo de café var. Castillo.

Palabras clave: *café, desarrollo, bioestimulantes, variables morfológicas, variables fisiológicas, clorofila.*

Abstract

The present research work was developed at the La Argelia Teaching Experimental Farm of the Agropecuarian and Renewable Natural Resources Faculty. The objective was to determine the effect of three biostimulants on the development of Castillo variety coffee plants by recording growth variables. Four treatments with four replications were used (T1: 0 ml control; T2: 30 ml Folizyme GA; T3: 30 ml Evergreen; and T4: 10 ml Isabion). Morphological variables evaluated were: leaf area, stem diameter, plant height, number of branches, fruit length and width, fruit weight, and physiological variables such as: stomatal density and index, chlorophyll content and stomatal conductance of the leaves. A completely randomized block design was used, where the experimental unit consisted of 8 plants. Data were analyzed by analysis of variance and means were compared using Tukey's test ($p > 0.05$). Plants treated with Evergreen biostimulant (T3) showed statistical differences at 150 days after treatment (DAT) in leaf area with 37.50 cm². However, for the variables plant height, stem diameter and number of branches there were no differences between treatments. Likewise, fruit length and width showed statistically significant differences between treatment T3 and the control T1. Regarding physiological variables, at 150 DAT T4 had the highest number of stomata with 178.63 per mm², while T2 reached the highest stomatal index value. Chlorophyll content also showed statistical differences between T3 with 76.49 SPAD units and T1 with 68.61 SPAD units at 150 DAT. Meanwhile, for stomatal conductance at 30 DAT the highest value was obtained by T1 with 194.54 mmol/m²/s and at 150 DAT T2 obtained 150.69 mmol/m²/s. In conclusion, the use of biostimulants contributed to the development of Castillo variety coffee plants.

Key words: *coffee, development, biostimulants, morphological variables, physiological variables, chlorophyll.*

3. Introducción

La caficultura en el Ecuador es de gran importancia económica, contando con una superficie de 199 215 ha cultivadas, donde el 68 % corresponde a *Coffea arabica* L. y 32 % a *Coffea canephora* L., superficie que se encuentra distribuida en 23 de las 24 provincias del país, siendo las principales Manabí, Loja y otras ubicadas en la Cordillera Occidental de los Andes. El cultivo facilita empleo para alrededor de 105 000 familias productoras, así como 700 000 familias relacionadas a los procesos de comercialización, industrialización, transporte y exportación. Según la Organización Internacional del Café (ICO, 2015), menciona que Ecuador estaba dentro del listado de los principales productores de café en el mundo, ubicándose en el lugar número 19 de un total de 20 países, con una producción de 42 000 kilos por debajo de países latinoamericanos como Brasil y Colombia (Venegas et al., 2018).

Colla & Rouphael (2015) mencionan que en los sectores agrícolas enfrentan desafíos por incrementar la productividad para satisfacer las necesidades alimentarias de la población mundial y aumentar la eficiencia en el uso de los recursos. Por ello, hay una tendencia al incremento en el uso de fertilizantes en los cultivares de café para incrementar la producción; medianos y pequeños agricultores utilizan la urea de forma indiscriminada, siendo una enmienda con alto contenido de nitrógeno (N). Yara (2018) afirma que el N es importante para el crecimiento vegetal y elevada producción, la provisión del nutriente debe mantenerse durante toda la temporada, sin embargo, el exceso puede reducir el tamaño del grano del café. De igual manera, Sephu (2011) menciona que los problemas no son debidos únicamente a la fisiología del café, sino a las malas prácticas de fertilización utilizando solamente abonos químicos (NPK) aplicados de forma edáfica, que acaban el humus del suelo y causan la disminución de la capacidad de intercambio catiónico y bloqueo del suelo, hasta que los cafetos no pueden asimilar los macro y micronutrientes necesarios para su desarrollo, y en efecto comienzan los problemas relacionados a la improductividad.

Chacón et al., (2020) afirman que el uso de los bioestimulantes en el transcurso de los años han innovado y mostrado grandes ventajas en los procesos de estimulación fisiológica en las plantas, debido a que consumen escasa energía no renovable y no son contaminantes para el medio ambiente, también afirman que activan en la planta algunos compuestos orgánicos (fenoles, vitaminas, polisacáridos, betaínas) que regulan el desarrollo y el balance fisiológico en el cultivo; además representan una influencia favorable en las etapas de floración, maduración y un aumento

del rendimiento hasta 74 %. Valverde et al., (2020) señalan que proveen incrementos en los rendimientos de los cultivos, estimulan y vigorizan desde la germinación hasta la fructificación, acortan el ciclo del cultivo, maximizando la acción de los fertilizantes, lo que permite disminuir entre 30 % y 50 % las dosis recomendadas.

Lo mencionado podría indicar que la actualidad cafetelera no se encuentra en su máxima producción y se ve afectada por el exceso de agroquímicos aplicados directamente al suelo, los cuales limitan la presencia de microorganismos benéficos y modifican los procesos biológicos que son de importancia para la fertilidad y la producción de cultivos agrícolas (Bedoya et al., 2013). Por otra parte, (RedAgricola, 2022) menciona que los bioestimulantes juegan un papel importante dentro de la salud del suelo, ya que aumentan y promueven la diversidad de microorganismos en el suelo, como hongos y bacterias. Por ello, se propone utilizar tres bioestimulantes comerciales de aplicación foliar, en investigaciones similares realizadas por Valverde et al., (2020) en cafetos pero en la provincia de Manabí, en bosque seco con condiciones ambientales de temperatura promedio de 23 °C, precipitación media anual de 250 mm y humedad relativa de 40 %, con topografía irregular. Por ello, se requiere conocer como este tipo de bioestimulantes pueden afectar al cultivo de café en las condiciones particulares de Loja. Armijos (2019), mencionó que La Argelia posee condiciones ambientales de temperatura de 16,1 °C, precipitación media anual de 1089,3 mm y humedad relativa de 74 %, por lo que se ve en la necesidad de ejecutar el proyecto para alcanzar el objetivo de mejorar las características morfológicas y fisiológicas de las plantas.

El presente proyecto de titulación está vinculado con el Segundo Objetivo de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS 2) denominado “Hambre cero”, así mismo, con la línea de investigación de la Universidad Nacional de Loja denominada “Sistemas agropecuarios sostenibles para la soberanía alimentaria” y con la línea de investigación de la Carrera de Agronomía de la Universidad Nacional de Loja denominada “Tecnologías para la producción y posproducción agrícola sostenible”. Con ello se pretende determinar cuál es el efecto de tres bioestimulantes en el desarrollo de café (*C. arabica* L.) var. Castillo, además, es necesario mencionar que este proyecto de titulación forma parte del programa institucional denominado “Programa de investigación para la sostenibilidad de la caficultura de la zona sur del Ecuador”.

3.1. Objetivo General

- Determinar el efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el desarrollo de café (*Coffea arabica* L.) var. Castillo en la Quinta Experimental Docente La Argelia.

3.2. Objetivos Específicos

- Identificar el efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el crecimiento de las plantas de café (*Coffea arabica* L.) var. Castillo en la Quinta Experimental Docente La Argelia.
- Describir el comportamiento fisiológico de las plantas de café (*Coffea arabica* L.) var. Castillo con la aplicación de tres bioestimulantes en la Quinta Experimental Docente La Argelia.

4. Marco Teórico

4.1. Importancia del Café en Latinoamérica y el Ecuador

Brasil es el principal exportador del mundo, produciendo las variedades robusta y arábica, luego Colombia, donde se cultiva un café suave con muchas características organolépticas, Costa Rica con un café muy aromático, Puerto Rico cuyo café es de intenso sabor. Otros países donde se cultiva café son México, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Venezuela, Bolivia y Perú (Ponce et al., 2018).

El café es un producto muy importante dentro de la economía de Ecuador, debido a las frecuentes exportaciones. Por ello, el país se identifica por poseer una gran facilidad para producir café debido a que puede exportar todos los tipos de café existentes, el grano de café crece según las características del ecosistema donde se localice y el poseer un ecosistema diferente en cada región ha permitido la diversidad de producción, debido a su ubicación geográfica. Por ende, el sabor del café ecuatoriano se considera como uno de los mejores en Sur América, Estados Unidos y hasta en Europa (Molina, 2017).

Aristazábal (2002) estima que en la región Costa se cultivan 112 000 hectáreas, en la Sierra 62 000 ha, en la región Amazónica 55 000 ha y en Galápagos 1 000 ha de cafetales. Esta extensa distribución se debe porque el Ecuador es uno de los 14 países que se identifica por tener una producción mixta, es decir, cultiva las especies comerciales arábica (*C. arabica*) y robusta (*C. canephora*).

Según los datos del último Censo Agropecuario existen 151 900 hectáreas de cultivo de café solo y 168 764 hectáreas de cultivo de café asociado con otras especies vegetales, en la superficie únicamente de café, Manabí ocupa el 38,6 %, Sucumbíos el 17,36 %, Orellana 11,89 %, El Oro 7,67 % y Loja el 4,01 % (Alulima, 2012).

4.2. Distribución de la Producción Cafetalera en el Ecuador

CORECAF (2012) es una Corporación Ecuatoriana de Cafeteleros que diseñó un mapa didáctico. En la Figura 1 se muestran las principales zonas productoras y variedades de café presentes en el Ecuador.



Figura 1. Mapa de zonas productoras de café en el Ecuador (CORECAF, 2012).

4.3. Botánica y Taxonomía

Cortijo (2017) menciona que el café fue descrito por el botánico Carlos Linneo, la familia botánica a la que pertenece las rubiáceas posee unos 500 géneros y más de 6 000 especies. Ponce et al., (2018) describe que el cultivo de café taxonómicamente pertenece al Reino Plantae, División Magnoliophyta, Clase Magnoliopsida, Orden Gentianales, Familia Rubiaceae, Tribu Coffeae, Género *Coffea* y Especie *C. arabica* L.

4.4. Fenología

En la ficha técnica del cultivo de café escrita por Vignole et al., (2018) menciona que la fenología del café consta de 6 fases: Fase de crecimiento vegetativo (1), Fase de desarrollo y reposo de yemas florales (2), Fase de floración (3), Fase de llenado de frutos (4), Fase de maduración (5) y finalmente la Fase de reposo (6) (Figura 2).

0 meses			2 años																								
0 Fase	1 Fase			2 Fase	3 Fase	4 Fase	5 Fase	6 Fase																			
																											
Selección y preparación de semilla	Crecimiento Vegetativo			Reposo de Yema y caída de hojas / revestimiento de botones florales	floración principal mas 2 y 4 floraciones	Llenados de fruto/granos	Meduración / Cosecha	Reposo / Defoliación natural																			
Germinación y Almacigo	Crecimiento en altura y formación de bandolas primarias			Inducción y desarrollo de yemas generativas y seriales	Formación de botones florales y floración	Frutos/granos muy pequeños	Frutas/granos maduras	Auto poda de los arbustos																			
Época	Epoca seca (Verano)		Epoca lluviosa (Invierno)		Epoca seca (Verano)				Epoca lluviosa (Invierno)		Epoca seca (Verano)																
Meses	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	N	D	E	F

Figura 2. Fases fenológicas del cultivo de café (Vignole et al. 2018).

4.5. Condiciones Edafoclimáticas

4.5.1. Temperatura

Las plantas prefieren climas tropicales, calurosos y con abundante agua, en sectores con temperaturas inferiores a los 15 °C no se presenta la etapa de floración y mayores a 29 °C tampoco, es decir, existe peligro de deshidratación de la planta con reducción del proceso fotosintético (Cortijo, 2017).

4.5.2. Viento

Ponce et al., (2018) menciona que los vientos son importantes en la producción cafetalera, debido a que si superan los 30 Km/h ocurre un desgaste en la planta con la caída de las hojas, rotura de flores, frutos y deshidratación de las yemas. Por otra parte, Cevallos (2022) sugiere que se deben establecer barreras rompevientos.

4.5.3. Altitud

Prefiere alturas de entre 900 a 1 600 metros sobre el nivel del mar, si se cultiva el café a menor altura, los costos de producción aumentan, ya que se reduce la calidad de los granos. En cambio, si se cultiva a mayor altura de la recomendada, se genera un menor crecimiento de las plantas (Ponce et al., 2018).

4.5.4. Precipitación

El rango establecido de precipitaciones necesarias para la producción de café es de 1 000 a 3 000 milímetros/año, si llueve más se producen hongos y si reciben menos lluvias la producción disminuye, debido a que se reduce el crecimiento de las plantas (Ponce et al., 2018).

4.5.5. Humedad relativa

La humedad relativa es un factor muy importante que va de la mano con la precipitación, es decir, si la humedad es mayor a 90 % existe la posibilidad de que la planta adquiera enfermedades fungosas (Ponce et al., 2018).

4.6. Bioestimulantes en la Agricultura

4.6.1. ¿Qué es un bioestimulante?

El término bioestimulante se refiere a sustancias que, a pesar de no ser un nutrimento o un regulador de crecimiento, al ser aplicadas en cantidades pequeñas logran un impacto positivo en la germinación, desarrollo, crecimiento vegetativo, floración y el desarrollo de los frutos (Torres, 2018).

4.6.2. Clasificación de los bioestimulantes

Según Benavides (2021) en la actualidad, desde un punto de vista funcional existen diferentes categorías de bioestimulantes, los cuales se muestran a continuación:

- Ácidos húmicos y fúlvicos.
- Hidrolizatos de proteínas con péptidos, aminoácidos y otros compuestos con N.
- Extractos de algas y de plantas.
- Biopolímeros, poliácido acrílico, oligómeros de celulosa.
- Elementos benéficos y sus sales (Si, Se, Co, Na, I).
- Hongos benéficos (por ejemplo: micorrizas).
- Bacterias benéficas (PGPR) y bacterias endofíticas.

4.6.3. Características de los bioestimulantes

Estos bioproductos están asociados a la nutrición, relaciones con el agua, estructura del suelo, pH, metales pesados y patógenos, debido al uso de estas sustancias las plantas obtienen nutrientes capaces de reducir los impactos no deseados al medio ambiente, a la vez que aseguran que los agricultores obtengan un mayor retorno en sus inversiones (Ponce et al., 2018).

4.6.4. Beneficios del uso de bioestimulantes

Según López (2020) los principales beneficios al usar bioestimulantes en la agricultura son los siguientes:

- Ayudan a batallar los efectos del estrés ambiental.
- Originan una mejor germinación o progreso de raíces, lo cual desarrolla el vigor y la firmeza al estrés aumentando el llenado y la aptitud del grano.
- Reducen el ciclo del cultivo, potenciando la acción de los fertilizantes, lo que permite reducir entre 30 % y 50 % las dosis recomendadas.
- Proporcionan aminoácidos de una manera inmediata, los cuales, mediante uniones peptídicas catalizadas se convierten en fuente de proteínas para las plantas.
- Proporcionan incrementos adicionales en los rendimientos de los cultivos.

4.7. Bioestimulantes usados en la presente investigación

4.7.1. Folizyme GA

En la Tabla 1 se muestra la información del bioestimulante Folizyme GA, el cual contiene nutrientes y hormonas vegetales en forma líquida y que está formulado para darle a la planta la nutrición y balance hormonal total. Además, contiene Nitrógeno Amínico estabilizado que permite que la planta no use energía metabólica para su absorción y que está sea rápida y total en hojas, tejido leñoso y raíces (Agronpaxi, 2023).

Tabla 1. Composición química del producto comercial Folizyme GA utilizado en el cultivo de *Coffea arabica* var. Castillo en La Quinta Experimental Docente La Argelia.

Composición química	p/vol
Nitrógeno	12 %
Potasio	3,90 %
Calcio	3,90 %
Magnesio	1,30 %
Manganeso	0,39 %
Zinc	0,39 %
Ácido Húmico	0,59 %
Hierro	0,26 %
Cobre	0,13 %
Boro	0,13 %
Molibdeno	0,07 %
Cobalto	0,01 %
Auxinas	1,60 ppm
Giberelinas	1,60 ppm
Citoquininas	2,90 ppm
Ácido Aspártico	0,11 %
Fenilalanina	0,06 %
Glicina	1,15 %

Fuente: (Agronpaxi, 2023).

4.7.2. Evergreen

Es un bioestimulante trihormonal, antiestresante, con acción de doble sistemía. Contiene un complejo de 22 macro y micro elementos encapsulados con ácido húmico, fitohormonas y vitaminas obtenidas de extractos de origen vegetal y que contiene las tres principales hormonas de crecimiento de las plantas, todas presentes en una forma balanceada y que actúan como las promotoras del crecimiento y la maduración de las plantas tratadas permitiendo un mejor desarrollo y producción de los cultivos como se muestra en la Tabla 2 (Agripac, 2023).

Tabla 2. Composición química del producto comercial Evergreen utilizado en el cultivo de *Coffea arabica* var. Castillo en La Quinta Experimental Docente La Argelia.

Composición química	p/vol
Nitrógeno	7,77 %
Fósforo	9,98 %
Potasio	8,33 %
Manganeso	0,01 %
Zinc	0,01 %
Ácido Húmico	0,59 %
Auxinas	5,20 ppm
Giberelinas	0,36 ppm
Citoquininas	210 ppm

Fuente: (Agripac, 2023).

4.7.3. Isabion

Producto de aplicación foliar que promueve la síntesis de clorofila y por ende el proceso de fotosíntesis, actúa como un activador del metabolismo vegetal y participa activamente en la asimilación del N. Así mismo, estimula el crecimiento de raíces, brotes y flores activando la producción de hormonas de crecimiento de manera natural. En la Tabla 3 se observa la composición del bioestimulante Isabion (Syngenta, 2021).

Tabla 3. Composición química del producto comercial Isabion utilizado en el cultivo de *Coffea arabica* var. Castillo en La Quinta Experimental Docente La Argelia.

Composición química	p/vol
Nitrógeno	11,30 %
Nitrógeno Amoniacal	1,30 %
Nitrógeno Orgánico	10,00 %
Carbono Orgánico	30,00 %
Materia Orgánica	62,50 %
Alanina	1,87 %
Arginina	0,12 %
Ácido Aspártico	0,35 %
Ácido Glutámico	0,27 %
Glicina	3,80 %
Hidroxiprolina	0,85%
Histidina	0,10 %
Isoleucina	0,07 %
Leucina	0,20 %
Lisina	0,35 %
Metionina	0,08 %
Fenilalanina	0,16 %
Prolina	1,45 %
Serina	0,13 %
Treonina	0,08 %
Tirosina	0,33%
Valina	0,09 %

Fuente: (Syngenta, 2021).

4.8. Estudios Realizados Sobre el Uso de Bioestimulantes

Valverde et al., (2020) iniciaron una investigación acerca de los bioestimulantes como una innovación en la agricultura para el cultivo de café en la finca de la Universidad Estatal del Sur de Manabí perteneciente al cantón Jipijapa con una variante del clima subtropical seco y del semi-árido cálido, donde aplicaron los bioestimulantes Starlite, Humega, Micorriza y Evergreen, comparando con la urea para evaluar el comportamiento fisiológico. Los resultados obtenidos establecieron diferencia significativa en las variables como materia seca, humedad y nitrógeno, así mismo los productos Starlite y Evergreen contribuyeron con mejores resultados en materia seca (MS), Humega y Evergreen en contenido de N, esto sucedió por que permitieron la asimilación de clorofila, superando a la fuente nitrogenada en un periodo de 90 a 120 días.

De igual forma Chacón et al., (2021) realizaron un estudio sobre la influencia de un nuevo bioestimulante (Equilibrium) de floración, fructificación y rendimiento en café en una finca localizada en la provincia de Alajuela, cantón San Pedro de Póas en Costa Rica a una altura sobre el nivel del mar de 1 116 donde utilizaron plantas de café variedad Sarchimor (T5296) con dos tratamientos (3 L ha/dos aplicaciones y 3 L ha/tres aplicaciones), además un testigo, mediante aplicaciones foliares, para evaluar la estimulación, cuaje floral, nudos productivos y calidad de frutos cuajados. Se evidenció el impacto del producto que llegó a incrementar hasta un 74 % la floración, maduración y calidad de los frutos respecto al testigo, es decir se recomienda el uso de estos productos para obtener altos rendimientos, además de ser una alternativa ecológica o amigable con el medio ambiente.

Así mismo Núñez et al., (2017) elaboraron un proyecto respecto al empleo de bioproductos en la producción de posturas de café en el vivero de la estación experimental Agro – Forestal Velasco de la provincia de Holguín en Cuba, donde utilizaron 4 productos: Bioplasma, Vitazyme, Humus líquido y Fitomas-E junto con un testigo, es decir fueron 5 tratamientos con 10 réplicas donde se evaluaron las variables altura, diámetro de tallo, número de pares de hojas, masa seca y área foliar. Así mismo, el bioestimulante Fitomas-E brindó las mejores respuestas en el desarrollo y en lo económico ahorrando aproximadamente \$ 300 por 100 000 posturas obtenidas.

5. Metodología

5.1. Localización del Estudio

La investigación se desarrolló en la Estación Experimental Docente La Argelia de la Universidad Nacional de Loja, la cual se encuentra localizada en la parroquia Punzara perteneciente a la zona sur de la ciudad de Loja. Geográficamente se encuentra en 4°02'15'' de Latitud Sur, 79°11'59'' de Longitud Oeste y a una altitud de 2 133 m.s.n.m (Google Earth, 2021).

Según Armijos (2019) la Estación Experimental Docente La Argelia, pertenece a la zona de vida bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes. La estación meteorológica “La Argelia” permitió obtener información climática en un período de 29 años (1990 - 2019): precipitación anual de 1084 mm año⁻¹, temperatura media anual de 17 °C, humedad relativa media de 76 %, evapotranspiración de 2,4 mm mes⁻¹ y una velocidad del viento media de 2,1 km/h. De acuerdo al análisis de suelo, posee un pH de 5,3 y 1,5 % de materia orgánica. En la Figura 3 se detalla la ubicación del proyecto.

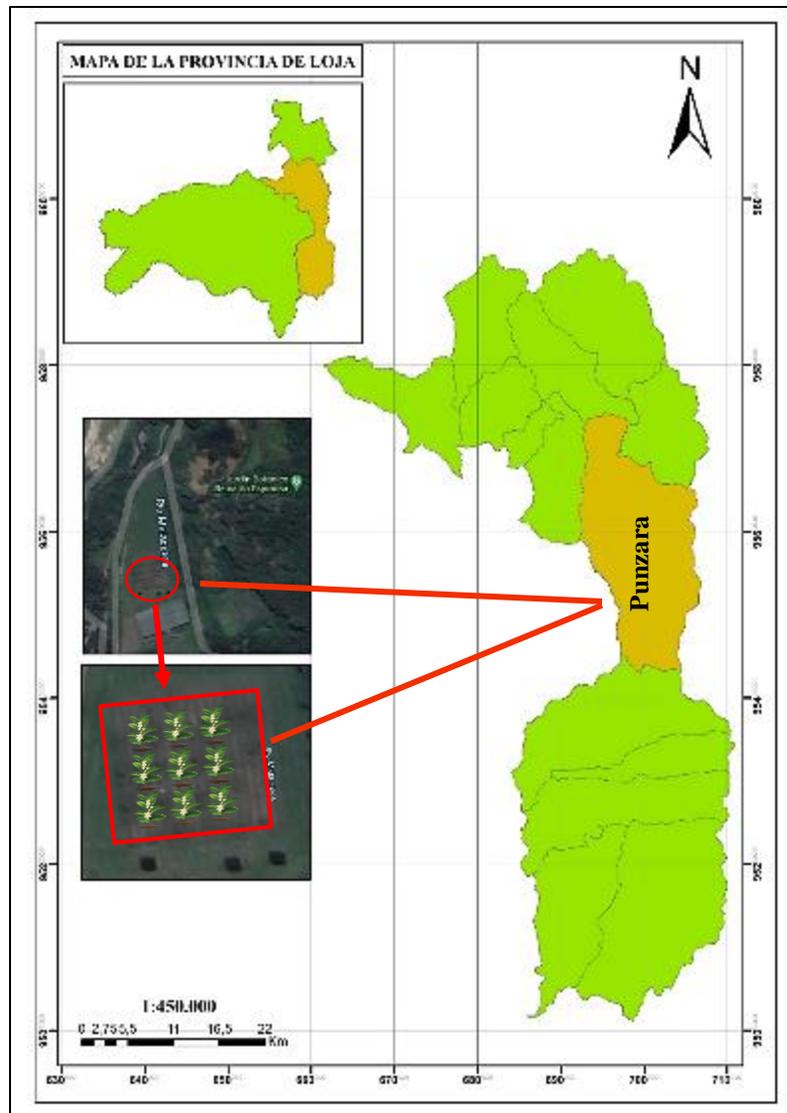


Figura 3. Localización del proyecto de café en la Quinta Experimental Docente La Argelia, perteneciente a la Universidad Nacional de Loja, de la parroquia Punzara (ArcMap, 2022).

5.2. Metodología General

El cultivo donde se llevó a cabo el proyecto se encontró en etapa de crecimiento vegetativo (Fase 2 de su etapa fenológica) con una distancia de siembra de 1,50 m entre planta y 2 m entre hilera en la variedad Castillo de aproximadamente 30 meses de edad. La investigación fue de tipo experimental, debido a que se evaluaron variables que fueron sometidas a diferentes tratamientos. A su vez, posee un enfoque cuantitativo ya que se obtuvieron resultados sobre las diferencias morfológicas y fisiológicas. De acuerdo a las características de este estudio, el alcance de la

investigación fue comparativa-causal, debido a que en los tratamientos se encontraron diferencias entre las características antes mencionadas.

5.2.1. *Diseño experimental*

En la presente investigación se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). En la Tabla 4 se observa los 4 tratamientos considerando el testigo y 3 bioestimulantes comerciales (Anexo 14), con 4 repeticiones, obteniendo 16 unidades experimentales. De igual manera, cada unidad experimental estuvo integrada por 8 plantas dando un total de 128 plantas, es decir cada tratamiento abarcó 32 plantas. Por ello, la dosis aplicar se realizó mediante las recomendaciones de las fichas técnicas de cada producto y considerando el número de plantas, donde se utilizó una bomba de 20 L (Anexo 1). La aplicación se la realizó en las mañanas desde las 10:00 am a 12:00 am; donde los estomas de las plantas se encontraban abiertos (Hernández et al., 2017) (Anexo 2).

Tabla 4. Bioestimulantes, tratamientos y dosis utilizados en el proyecto realizado en el cultivo de *Coffea arabica* var. Castillo en la Quinta Experimental Docente La Argelia.

Tratamientos	Productos	Dosis / Agua
T1	Testigo	0 ml/0 L
T2	Folizyme GA	30 ml/6 L
T3	Evergreen	30 ml/6 L
T4	Isabion	10 ml/2 L

5.2.2. *Esquema del diseño experimental*

En la Figura 4, se observa el esquema del diseño experimental (DBCA) que consiste en la distribución de forma aleatoria dentro de cada bloque correspondiente a cada uno de los tratamientos, donde se consiguió homogeneidad en la toma de datos.

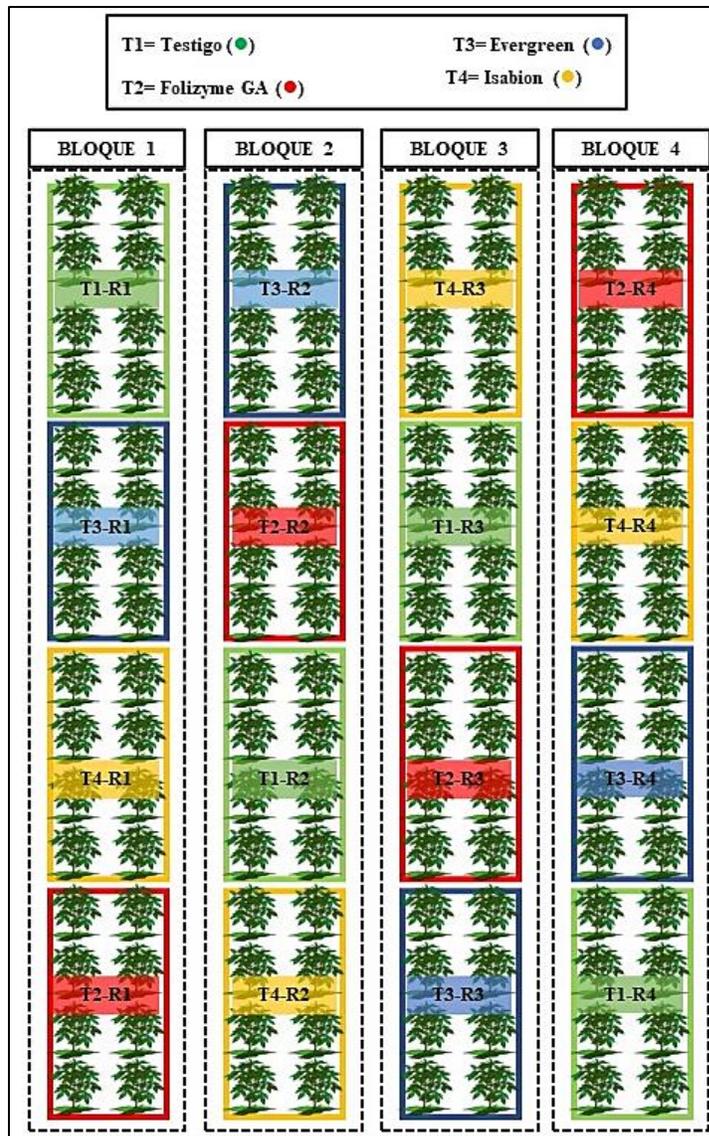


Figura 4. Esquema del diseño experimental del cultivo de *Coffea arabica* var. Castillo (DBCA) utilizado en la Quinta Experimental Docente La Argelia.

5.2.3. Muestreo aleatorio

Se aplicó un muestreo poblacional donde se tomaron 5 plantas de cada Unidad Experimental (U.E), cabe recalcar que se realizaron 10 aplicaciones con una frecuencia de aproximadamente 15 días evitando los días con presencia de lluvias y 5 evaluaciones cada 30 días (Milla et al., 2019).

5.2.4. Labores culturales

Para controlar las arvenses presentes en el cultivo se lo realizó de manera manual utilizando herramientas azadón, barreta y lampa, y de manera química realizamos una mezcla de diferentes herbicidas como: Gesaprim 90 WGD (Atrazina), Gramoxone (Paraquat), Dacocida (2,4-D-Butyl

ester), Glifosato (Glifosato). Además, se eliminó los chupones presentes en algunas plantas para evitar que estos se aprovechen de la energía y azúcares necesarios para el proceso fotosintético.

5.2.5. Modelo estadístico del diseño experimental

A continuación, se muestra el modelo estadístico utilizado para analizar los datos obtenidos durante la evaluación:

El modelo estadístico para este diseño es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \phi_{ij}$$

Y_{ij} = variable de respuesta

μ = media general

τ_i = efecto fijo del tratamiento

β_j = efecto fijo del bloque

ϕ_{ij} = error experimental

5.3. Metodología Para Cada Objetivo

5.3.1. Metodología para el primer objetivo “Identificar el efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el crecimiento de las plantas de café (*Coffea arabica* L.) var. Castillo en la Quinta Experimental Docente La Argelia”

➤ Área foliar (AF)

Para determinar el área foliar se consideró las medidas del largo y ancho de las hojas en centímetros (cm) donde se utilizó una regla, tomando en cuenta tres hojas: una ubicada en el tercio inferior, otra en el medio y otra en el superior, para la longitud se midió desde el peciolo hasta el ápice y para el ancho se consideró el punto más amplio de la hoja (Cárdenas, 2007).

Luego con los datos obtenidos del largo y ancho de la hoja, utilizamos la siguiente fórmula descrita por Soto (1980), para obtener el área foliar expresada en cm^2 ; cabe destacar que esto se realizó en todas las evaluaciones.

$$AF = \{[0,64 * (LH * AH)] + 0,49\}$$

donde:

LH: Largo de la hoja

AH: Ancho de la hoja

➤ **Diámetro del tallo (DT)**

El diámetro del tallo se registró a dos cm por arriba del cuello de la raíz utilizando el calibrador digital (Anexo 4) expresando en milímetros (mm), esto se realizó en todas las evaluaciones (Anexo 5b) (Encalada et al., 2018).

➤ **Altura de la planta (AP)**

La altura de la planta se midió con un flexómetro en centímetros (cm), desde el cuello de la raíz hasta el ápice terminal del tallo principal, esto se realizó en todas las evaluaciones (Encalada et al., 2018).

➤ **Número de ramas (NR)**

El número de ramas existentes para todas las evaluaciones se contó de forma directa.

➤ **Longitud y ancho del fruto (LF-AF)**

Para obtener los datos en milímetros (mm) sobre estas variables utilizamos el calibrador digital, considerando 20 frutos maduros por tratamiento (Anexo 11), es decir se recolectaron 80 frutos considerando todos los tratamientos, para la longitud se consideró la parte más larga y para el ancho se tomó en cuenta la parte más extendida del fruto, esto se realizó en la última evaluación (IPGRI, 1996).

➤ **Peso del fruto (PF)**

Se recolectaron todos los frutos maduros de las plantas situadas en cada una de las unidades experimentales (Anexo 10), donde se obtuvo el peso total por tratamiento y también se consideraron 100 frutos por tratamiento (Anexo 12), en este caso como trabajamos con cuatro tratamientos fueron 400 frutos y se procedieron a pesar con la ayuda de una balanza analítica marca Mettler modelo PE 16 donde se obtuvo un promedio en g, esto se realizó en la última evaluación (IPGRI, 1996).

5.3.2. Metodología para el segundo objetivo “Describir el comportamiento fisiológico de las plantas de café (*Coffea arabica* L.) var. Castillo con la aplicación de tres bioestimulantes en la Quinta Experimental Docente La Argelia”

➤ **Densidad e índice estomático de las hojas**

Para la obtención de los datos se muestrearon aleatoriamente tres hojas por planta: una ubicada en el tercio inferior, otra en el medio y otra en el superior. Se utilizó la técnica de la impronta, que consistió en aplicar esmalte transparente en la zona central de la superficie abaxial de las hojas,

luego se retiró la lámina con la ayuda de una pinza (Anexo 6) y se colocó sobre un porta objeto (Anexo 7). Para cumplir con la densidad estomática se realizó la observación y conteo de los estomas en dos campos de 1 mm² seleccionados aleatoriamente con un microscopio Leica modelo DM 1000 con un aumento de 10 X (Anexo 13) y las imágenes se observaron con el programa Toup View (Anexo 8); cabe destacar, que se consideraron los estomas que tenían toda su área o al menos un 60 % dentro del campo considerado. Mientras que, para cumplir con el índice estomático se contabilizaron las células epidérmicas presentes en los dos campos de 1 mm², las células epidérmicas propiamente dichas son las más abundantes y menos especializadas que se disponen unidas muy estrechamente, sin dejar espacios intercelulares (Anexo 9). Se calculó el IE según lo propuesto por Reyes et al., (2015) y Silva et al., (1998):

$$IE = \frac{N^{\circ} \text{ est.}}{N^{\circ} \text{ est.} + N^{\circ} \text{ cel. epi}} \times 100$$

donde:

IE: Índice estomático

NE: Número de estomas por campo de observación

CE: Células epidérmicas por campo de observación

➤ **Contenido de clorofila (Índice de SPAD)**

El contenido de clorofila se determinó con el medidor SPAD (Konica-Minolta, Chlorophyll Meter SPAD-502 Plus) (Anexo 3), considerando tres hojas: una ubicada en el tercio inferior, otra en el medio y otra en el superior, tratándose de un valor numérico que es proporcional a la cantidad de la clorofila en la hoja, esto se realizó en la primera y última evaluación (Anexo 5a) (Encalada et al., 2016).

➤ **Conductancia estomática de las hojas**

La determinación de la conductancia estomática está dada en mmol/m²/s, que representa la resistencia o flujo del agua en la hoja, para ello se utilizó un dispositivo denominado porómetro de marca Delta-T, modelo AP4. Se consideraron únicamente 20 plantas del total, debido a las condiciones climatológicas que en algunos casos dificultaban el registro de los datos, donde se usó la técnica del estado estacionario (esta técnica mide la presión de vapor y el flujo de vapor sobre la superficie de la hoja), esto se realizó en la primera y última evaluación (Pino et al., 2019).

5.4. Análisis Estadísticos

Los resultados obtenidos en el proyecto de investigación considerando las características morfológicas y fisiológicas respecto a cada uno de los tratamientos y repeticiones fueron tabulados en la base de datos de Microsoft Excel para su análisis estadístico mediante el programa INFOSTAT 2020 versión libre. Los datos fueron ingresados en el programa y sometidos a un análisis de comprobación de supuestos estadísticos de independencia de las observaciones, normalidad y homogeneidad de varianza, luego se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA por sus siglas en inglés) para determinar si existen o no diferencias significativas entre los tratamientos. Además, se realizó una prueba post-hoc de TUKEY con un porcentaje del 95 % (0.05) de confiabilidad.

6. Resultados

Los resultados de las diferentes variables evaluadas son los siguientes:

6.1. Variables Morfológicas

6.1.1. Área foliar (AF)

En la Tabla 5 se muestran los resultados del área foliar en donde se evidencia que el tratamiento T3 (Evergreen) presentó el mayor valor de 37,50 cm² a los 150 DDT, mientras que el tratamiento que resultó con el menor valor fue el T1 (Testigo) con 27,00 cm² con diferencias estadísticamente significativas entre éstos dos tratamientos. Los tratamientos comenzaron a diferenciarse al alcanzar los 90 DDT manteniéndose con ese comportamiento hasta los 150 DDT.

Tabla 5. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en el área foliar de las plantas de *Coffea arabica* var. Castillo a los 30, 60, 90, 120 y 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia.

TRATAMIENTOS	ÁREA FOLIAR (cm ²)				
	30 DDT	60 DDT	90 DDT	120 DDT	150 DDT
	ns	ns	*	*	*
T1 (Testigo)	24,49	25,87	26,44 ^b	26,72 ^b	27,00 ^b
T2 (Folizyme GA)	29,22	31,52	32,46 ^{ab}	32,94 ^{ab}	33,42 ^{ab}
T3 (Evergreen)	32,78	35,37	36,43 ^a	36,96 ^a	37,50 ^a
T4 (Isabion)	30,07	32,44	33,41 ^{ab}	33,91 ^{ab}	34,40 ^{ab}

ns = no significativo *p <0.05 significativo

6.1.2. Diámetro del tallo (DT)

Respecto a la variable del diámetro del tallo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tabla 6), no obstante, el promedio más alto resultó ser el del tratamiento T3 (Evergreen) con el valor de 21,26 mm, el cual resultó ser igual estadísticamente igual a los demás tratamientos, mientras que el tratamiento T1 (Testigo) resultó con el menor promedio con 17,26 mm.

Tabla 6. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en el diámetro del tallo de las plantas de *Coffea arabica* var. Castillo a los 30, 60, 90, 120 y 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia.

TRATAMIENTOS	DIÁMETRO DEL TALLO (mm)				
	30 DDT	60 DDT	90 DDT	120 DDT	150 DDT
	ns	ns	ns	ns	ns
T1 (Testigo)	15,30	16,45	16,91	17,14	17,26
T2 (Folizyme GA)	15,88	17,07	17,55	17,79	17,91
T3 (Evergreen)	18,85	20,26	20,83	21,12	21,26
T4 (Isabion)	18,57	19,97	20,53	20,81	20,95

ns = no significativo *p <0.05 significativo.

6.1.3. Altura de la planta (AP)

En la Figura 5, se evidenció que todos los tratamientos son similares estadísticamente para la variable de la altura de la planta, sin embargo, el tratamiento T3 (Evergreen) obtuvo el mayor promedio con 79,76 cm, mientras que, el tratamiento T1 (Testigo) obtuvo el promedio menor con 70,20 cm.

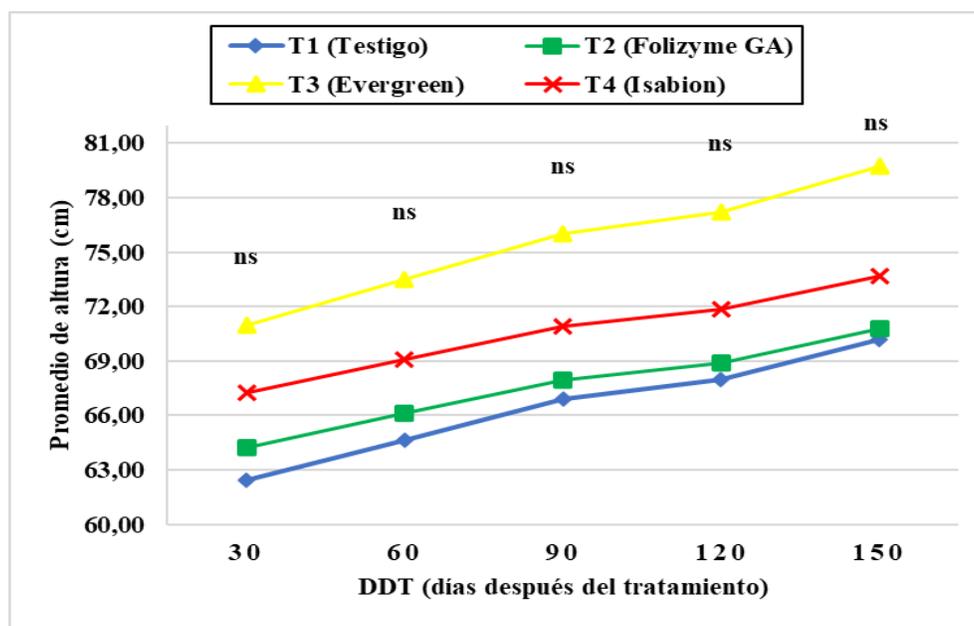


Figura 5. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en la altura de las plantas de *Coffea arabica* var. Castillo a los 30, 60, 90, 120 y 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia.

6.1.4. Número de ramas por planta (NR)

Los resultados obtenidos mediante la prueba de Tukey (Tabla 7), evidenciaron que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, donde el T3 (Evergreen) resultó con el promedio más alto de 25,80 ramas, siendo el T2 (Folizyme GA) con 20,10 ramas, el tratamiento con el menor promedio de dicha variable.

Tabla 7. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en el número de ramas de las plantas de *Coffea arabica* var. Castillo a los 30, 60, 90, 120 y 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO DEL NÚMERO DE RAMAS/PLANTAS				
	30 DDT	60 DDT	90 DDT	120 DDT	150 DDT
	ns	ns	ns	ns	ns
T1 (Testigo)	19,06	20,50	21,07	21,36	21,50
T2 (Folizyme GA)	17,82	19,16	19,70	19,97	20,10
T3 (Evergreen)	22,88	24,60	25,28	25,63	25,80
T4 (Isabion)	21,37	22,98	23,62	23,94	24,10

ns = no significativo *p <0.05 significativo

6.1.5. Longitud y ancho del fruto (LF-AF)

En la Figura 6, los tratamientos T2 (Folizyme GA) con el valor de 14,80 mm y T3 (Evergreen) con 15,00 mm resultaron estadísticamente similares entre sí, sin embargo, mostraron diferencias estadísticamente significativas frente al T1 (Testigo) con 12,10 mm y al T4 (Isabion) con 13,60 mm correspondiente al largo del fruto.

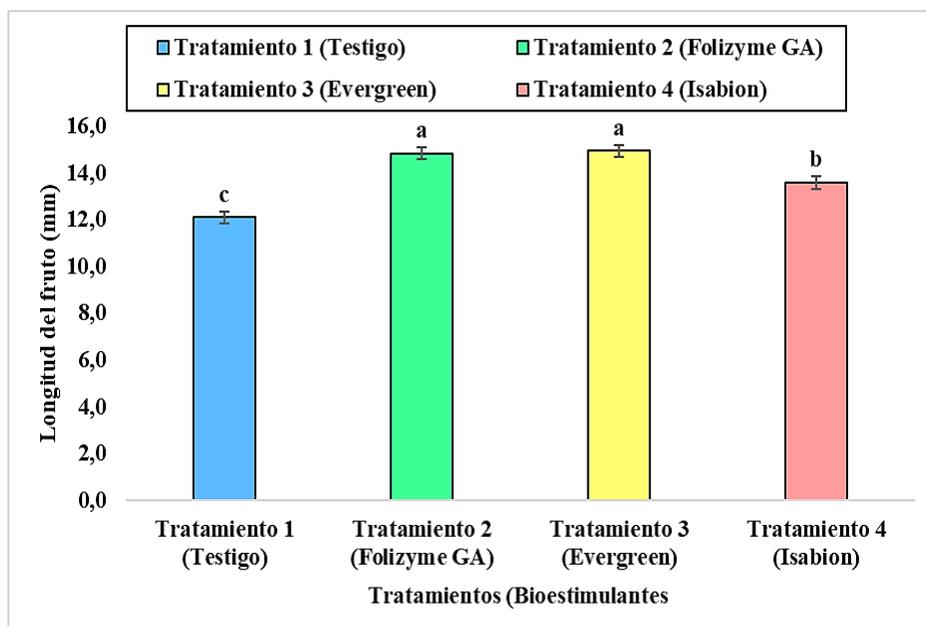


Figura 6. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en la longitud del fruto de las plantas de *Coffea arabica* var. Castillo a los 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia.

En la Figura 7 se muestran los resultados de la variable del ancho de los frutos, en donde el tratamiento T3 (Evergreen) obtuvo el valor mayor de 13,70 mm y el T4 (Isabion) alcanzó el valor de 12,90 mm, siendo éstos diferentes estadísticamente al T2 (Folizyme GA) con el valor de 12,40 mm y a su vez, diferente estadísticamente al T1 (Testigo) que obtuvo el menor valor de 11,20 m.

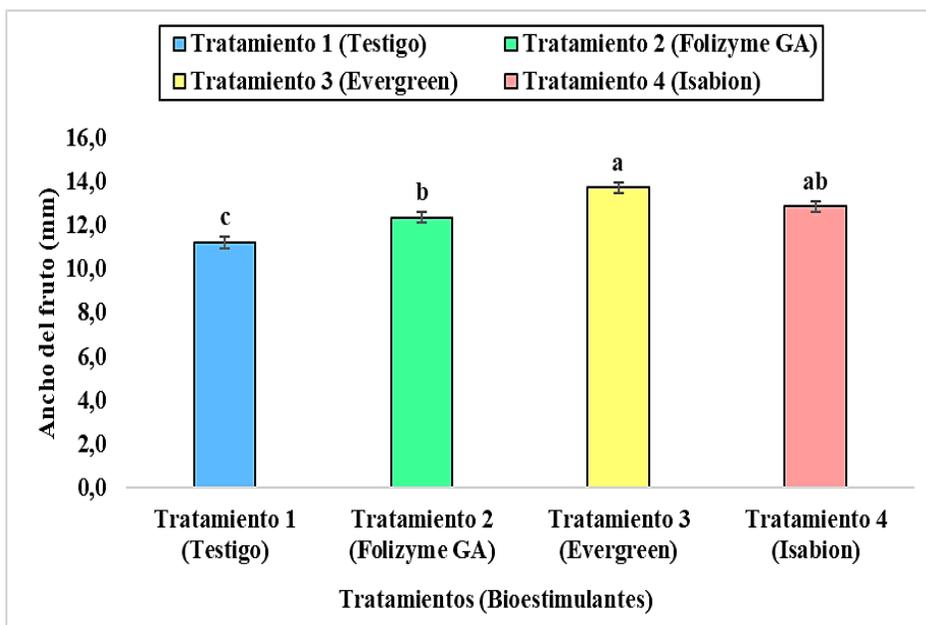


Figura 7. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en el ancho del fruto de las plantas de *Coffea arabica* var. Castillo a los 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia.

6.2. Variables Fisiológicas

6.2.1. Densidad e índice estomático de las hojas

A los 150 DDT, el T4 resultó con el mayor valor de 178,63 estomas/1 mm², por su parte el tratamiento T1 obtuvo el menor valor de la variable de la densidad estomática. Respecto al número de células epidérmicas el tratamiento T4 obtuvo el mayor valor con 537,25 células epidérmicas/1 mm². Mientras que, en la variable del índice estomático el tratamiento T2 obtuvo el valor mayor con 25,25 (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en la densidad e índice estomático en las hojas de las plantas de *Coffea arabica* var. Castillo a los 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia.

TRATAMIENTOS	NÚMERO DE ESTOMAS EN 1 mm ²	NÚMERO DE CÉLULAS EPIDÉRMICAS EN 1mm ²	ÍNDICE ESTOMÁTICO EN 1 mm ²
	ns	ns	ns
T1 (Testigo)	159,75	486,25	24,50
T2 (Folizyme GA)	160,00	477,75	25,25
T3 (Evergreen)	176,75	532,12	24,49
T4 (Isabion)	178,63	537,25	25,16

ns = no significativo *p <0.05 significativo

6.2.2. Contenido de clorofila (Índice de SPAD)

La Tabla 9 indica que los tratamientos T3 con 76,49 Unidades SPAD y T4 con 75,38 Unidades SPAD fueron similares entre sí, pero mostraron diferencias estadísticamente significativas frente al T1 con 68,61 Unidades SPAD.

Tabla 9. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en el contenido de clorofila en las hojas de las plantas de *Coffea arabica* var. Castillo a los 30 y 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia.

TRATAMIENTOS	CONTENIDO DE CLOROFILA (Unidades SPAD)	
	30 DDT	150 DDT
	ns	*
T1 (Testigo)	68,53	68,61 ^b
T2 (Folizyme GA)	68,70	74,99 ^{ab}
T3 (Evergreen)	68,56	76,49 ^a
T4 (Isabion)	68,58	75,38 ^a

ns = no significativo *p <0.05 significativo.

6.2.3. Conductancia estomática de las hojas

El tratamiento T1 (Testigo) resultó con el mayor valor entre todos los demás tratamientos con 194,54 mmol/m²/s a los 30 DDT. Mientras que, a los 150 DDT el T2 (Folizyme GA) resultó con el valor mayor de 150,69 mmol/m²/s, ésto en la variable de la conductancia estomática (Tabla 10).

Tabla 10. Análisis del efecto de tres bioestimulantes en la conductancia estomática en las hojas de las plantas de *Coffea arabica* var. Castillo a los 30 y 150 DDT en la Quinta Experimental Docente La Argelia.

TRATAMIENTOS	CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA (mmol/m ² /s)	
	30 DDT	150 DDT
	ns	ns
T1 (Testigo)	194,54	129,68
T2 (Folizyme GA)	189,60	150,69
T3 (Evergreen)	186,79	144,81
T4 (Isabion)	188,73	150,19

ns = no significativo *p <0.05 significativo.

7. Discusión

Para la variable área foliar (AF) a los 90, 120 y 150 DDT, el tratamiento T3 donde se utilizó Evergreen a base de N-P-K, auxinas, citoquininas y giberelinas, presentó el promedio más alto, el cual mostró diferencias estadísticamente significativas frente al T1 Testigo y numéricamente similar a los demás tratamientos. Estos resultados se encuentran en concordancia con los expuestos por Torres (2018) quien aplicó Aminosil, Aminofol y Orgabiol a base de MO, N, K, aminoácidos totales o libres, y comparó con un control absoluto, obteniendo diferencias significativas frente a éste.

Por otra parte, Zambrano (2019) en un proyecto ejecutado en el cultivo de arroz usando 12 bioestimulantes como Allgrow, Agrostemin, Seaweed extract, Stimulate, Maxi-Grow, Ecohormonas, Enzipron, Hortacron, Kuantum, Razomin, Biocat-15 y Humaifor a base de *Ascophylum nudosum*, auxinas, giberelinas, citoquininas, aminoácidos levógiros, enzimas, ácido fólico y carboxílico, vitaminas, ácido húmico, ácido fúlvico y humina, resultaron con diferencias estadísticas frente al tratamiento Testigo, del igual manera Díaz et al., (2023) utilizó bioproductos sobre el desarrollo de plántulas de café en vivero, donde demostró que la aplicación de los productos Enerplat, Nitrofilx y Viusid agro a base de oligosacáridos de origen vegetal, *Azospirillum brasilense*, fosfato potásico y aminoácidos libres, generan incrementos entre el 35 y 48 % en el área foliar en comparación con el tratamiento sin control. Valverde et al., (2020); (Du Jardin, 2015), afirman que los bioestimulantes con las características mencionadas son sustancias o microorganismos que activan en la planta compuestos orgánicos (fenoles, vitaminas, polisacáridos, betaínas), reguladores del crecimiento, macro y micro elementos, que facilitan la adsorción y asimilación de nutrientes, mejoran las características agronómicas de los cultivos y estimulan el desarrollo foliar.

En la variable diámetro del tallo (DT), a los 150 DDT, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. En base a estos resultados se puede deducir que esta variable no dependió directamente de los efectos de los productos, debido a que se necesitaría de un largo período de evaluación para encontrar diferencias marcadas entre los tratamientos, esto al trabajar con plantas en avanzado desarrollo. Al respecto, Valverde et al., (2020) aplicó los bioestimulantes Humega, Evergreen, Micorriza, Starlite a base de ácidos húmicos y urea (N) en plántulas de café (Fase 0), donde observó que incidieron en la variable del diámetro

del tallo a los 120 DDT, lo cual indicó que estos productos en fase inicial de crecimiento actuaron de una manera eficiente, en comparación con plantas a partir de la Fase 2 donde el crecimiento es más lento, lo que da la pauta para realizar futuras investigaciones con un período más prolongado, lo cual se relaciona a lo mencionado por Quesada et al., (2020), donde comprobó que el uso de bioestimulantes poseen efectos en las fases iniciales del café en vivero incidiendo positivamente en el vigor de la planta.

No se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, considerando la altura de las plantas a los 150 DDT. Concordando con los resultados obtenidos por Peña (2015), quien utilizó diferentes bioestimulantes como Albio-Root, Evergreen, Citokin, Nayoga Plus y Yaramila a base de N, Mg, B, Zn, S y citoquininas, en plantas de cacao donde no encontró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos a los 15, 30 y 45 DDT en la altura de las planta. Mientras que, Jácome (2015) realizó una investigación aplicando bioestimulantes en plántulas de café (Fase 0) en vivero, logrando diferencias estadísticas entre el Ergostim (AATC y ácido fólico), frente al resto de tratamientos como Hormonagro (auxinas +B), Bioplus (quitosano – polímero D-Glucosamida + aminoácidos levogiros) y testigo, indicando que el uso de estos productos en plantas de aproximadamente 6 meses de edad, en comparación con las plantas en las que desarrolló esta investigación, las cuales tenían una edad de 30 meses y donde el crecimiento resultó más tardío, ésto abrió la oportunidad a profundizar y realizar investigaciones similares considerando un periodo de evaluación más prolongado.

En la variable del número de ramas a los 150 DDT, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Mientras que, Julca et al., (2018) ejecutó una investigación sobre el comportamiento de tres cultivares de café en donde explicó que está variable se encuentra relacionada directamente a la altura de la planta y a la genética del cultivar. Concordando con la teoría de Cenicafé (2007), donde mencionó que a mayor crecimiento de las plantas de café, se van descubriendo nuevas yemas laterales, que a su vez se convertirían en nuevas ramas, siendo así, en la presente investigación no se observó un crecimiento apical significativo del cultivo en ninguno de los tratamientos, lo que se tradujo a la nula o baja aparición de nuevas ramas, esto sugiere la importancia de la edad de las plantas, para obtener resultados significativos en la variable en cuestión influenciada por los bioestimulantes. El cafeto es una planta perenne y

se considera que a plena exposición solar alcanza su crecimiento y productividad máxima entre los 4 a 6 años de edad, a partir de los cuales la planta se deteriora paulatinamente (Pulgarín, 2020).

En la variable del largo del fruto el tratamiento T3 (Evergreen) a base de N-P-K, auxinas, citoquininas y giberelinas y el T2 (Folizyme GA) a base de N-K, ácido húmicos, auxinas, citoquininas y giberelinas, fueron similares estadísticamente entre sí, pero diferentes al resto de tratamientos. Al respecto, Agripac (2023) expone que esto puede deberse al efecto de los componentes del bioestimulante. Respecto a la variable del ancho del fruto el tratamiento T3 (Evergreen) y T4 (Isabion) a base de N, M.O y aminoácidos libres alcanzaron los valores más altos estadísticamente, siendo éstos estadísticamente superiores al T1 (Testigo), concordando con lo mencionado por Melgarejo (2010) que los componentes de cada uno de los productos, generan un óptimo desarrollo en la fase de floración y cuajado del fruto, siendo las fitohormonas las que más repercuten en ello por su acción de división y elongación celular. Así mismo, Amador et al., (2018) menciona que los efectos bioestimulantes de las sustancias húmicas sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas han sido estudiados, logrando incrementos en el tamaño y calidad de los frutos, similar a lo que menciona Vásquez (2013), donde la aplicación de sustancias húmicas tiene un efecto positivo en el desarrollo de los frutos de café.

Respecto a las variables fisiológicas de la densidad estomática y número de células epidérmicas, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, los promedios de las plantas sometidas bajo el efecto del tratamiento T4 Isabion, se mostraron superiores en comparación al T1 Testigo, en dichas variables, mientras que el T2 Folizyme GA logró el valor más alto en el índice estomático a los 150 DDT. Encalada et al. (2016) en su investigación sobre la influencia de la luz en el cultivo de café, obtuvo promedios estadísticamente superiores en la densidad estomática, obteniendo valores más altos de dichas variables en las hojas expuestas a pleno sol y al 70 % de luz, mientras que los niveles del 20 % de luz resultaron en los menores promedios. Debido a lo obtenido en la investigación citada, nos hace pensar en la hipótesis de que el efecto de los bioestimulantes no influyó directamente en las variables mencionadas, si no que las variables dependieron de factores climáticos presentes en la zona de estudio, en donde las horas luz y radiación fueron elevados en los meses comprendidos de la presente investigación. Referente al índice estomático, es un parámetro en donde la fórmula sugiere que proporcionalmente el número de estomas tiene que ser elevado respecto al número de células epidérmicas para elevar

la variable del IE, en nuestra investigación los parámetros del NE resultaron menores debido a la no influencia de los bioestimulantes sobre esta variable, a su vez esto se reflejó en promedios no significativos del IE en los tratamientos (Wilkinson, 1979).

Para la variable del contenido de clorofila (SPAD) a los 150 DDT, el tratamiento T3 Evergreen mostró un promedio estadísticamente significativo y superior al tratamiento T1 Testigo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Arrobo et al., (2023) donde utilizó bioestimulantes a base de ácidos húmicos + ácidos fúlvicos, óxido de silicio + ácido monosilícico y algas marinas + ácidos húmicos y fúlvicos, en plántulas de cacao, alcanzando diferencias estadísticamente significativas correspondientes al T2, T3 y T4 (Bioestimulantes) frente al T1 (Testigo absoluto). De igual manera, Soriano et al., (2021) obtuvo resultados estadísticamente significativos y superiores en los promedios por parte de 6 bioestimulantes (Nutrisorb, Mycoroot, Biofit, Nutrisorb + Mycoroot, Nutrisorb + Biofit y Glumix), a base de *Pisolithus tinctorius*, *Glomus intraradices*, *Azospirillum brasilense*, *Trichoderma harzianum*, *Penicillium bilaiae* + *Penicillium* spp. + *Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense*, *Glomus* spp y ácidos carboxílicos, respecto al tratamiento testigo en el cultivo de aguacate, así mismo, Shibaeva et al., (2020) en su estudio realizado en el análisis de componentes encontrados en los bioestimulantes a base de N-P-K, auxinas, citoquininas y giberelinas, concluyó que estos incrementan los valores de la clorofila en las hojas, colaborando a la conversión de energía lumínica por foto-asimilados.

El tratamiento T1 (Testigo) y el T2 (Folizyme GA) obtuvieron los mayores promedios a los 30 y 150 DDT respectivamente en la variable de la conductancia estomática. Mientras que, Díaz & Vera (2023), mencionan que la conductancia estomática (gs) es un parámetro que determina el grado de apertura estomática y/o en consideración del número de estomas abiertos o cerrados, presentes principalmente en el envés de las hojas, estos tienen la capacidad de regular la pérdida de vapor de agua y el ingreso de CO₂, por ende, reduce o incrementan la transpiración, a mayor interacción de los estomas se promueven los procesos fotosintéticos, similar a lo mencionado por Pillasca et al., (2019) que la apertura y cierre de los estomas está finamente regulada en las hojas por factores ambientales como luz, concentración de dióxido de carbono o disponibilidad de agua y algunas fitohormonas como ácido abscísico (ABA) (Melgarejo, 2010).

8. Conclusiones

- A los 150 días después del tratamiento de tres bioestimulantes en el crecimiento de las plantas, los mejores resultados se registraron utilizando el producto Evergreen, los cuales presentaron los valores mayores en todos los indicadores de crecimiento evaluados.
- El cultivo de café a etapas de desarrollo avanzado no es influenciado a corto plazo por la aplicación de los bioestimulantes en diferentes variables morfo-fisiológicas como el diámetro del tallo, altura de la planta, número de ramas, conductancia estomática, densidad e índice estomático.
- El bioestimulante Evergreen resultó estadísticamente superior al testigo en las variables del área foliar y contenido de clorofila.

9. Recomendaciones

- Se recomienda el uso de este tipo de productos en plantas de café para aumentar su área foliar y el contenido de clorofila en las hojas, lo que se traduce en mayor crecimiento y desarrollo de la planta.
- Realizar investigaciones con bioestimulantes en plantas establecidas y periodos de evaluación prolongados para evidenciar un efecto significativo sobre las diferentes variables.

10. Bibliografía

- Alulima, M. (18 de 03 de 2012). *Alternativas agroecológicas para el manejo del café (coffea arabica)* . <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3251/1/TESIS.pdf>
- Agripac. (2023, mayo). *EVERGREEN*. Agripac. <https://agripac.com.ec/productos/evergreen/>
- Agronpaxi. (2023, mayo 17). *Folizyme GA*. Agronpaxi. <https://www.agronpaxi.com/wp-content/uploads/2023/04/FOLIZYMEGA.pdf>
- Amador, H. V., Izquierdo, F. G., & Padrón, V. V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*, 39(4), 102-109.
- Cárdenas, S. I. (2007). *Caracterización morfológica y agronómica de la colección núcleo de café (Coffea arabica L.) del CATIE* [Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4589>
- Chaves-Bedoya, G., Ortíz-Moreno, M. L., & Ortiz-Rojas, L. Y. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Acta Agronómica*, 62(1), 66-72.
- Colla, G., & Roupahel, Y. (2015). Biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.10.044>
- CORECAF. (2012). *Análisis sectorial del café en la Zona 7 del Ecuador* [bachelorThesis, Universidad Técnica Particular de Loja]. <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/123456789/2703>
- Cortijo, J. (2017, enero 27). *El mundo del café por: José Daniel Cortijo*. Infocafes. <http://infocafes.com/portal/biblioteca/el-mundo-del-cafe-por-jose-daniel-cortijo/>
- Díaz Medina, A., Carrillo González, A., Suárez Pérez, C., Díaz Medina, A., Carrillo González, A., & Suárez Pérez, C. (2023). Efecto de bioproductos sobre el desarrollo de posturas de café en vivero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(4), 495-505. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i4.3303>

- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Encalada, M., Fernández, P., Jumbo, N., & Reyes, L. (2018). Evaluación del crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. Caturra en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes. *Bosques Latitud Cero*, 8(1), Article 1.
- Encalada-Córdova, M., Soto-Carreño, F., Morales-Guevara, D., & Álvarez-Bello, I. (2016). Influencia de la luz en algunas características fisiológicas del cafeto (*Coffea arabica* L. cv. Caturra) en condiciones de vivero. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 89-97. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10544.76801>
- Hernández, C., Leiva, E., & Ramírez, R. (2017). *DINÁMICA ESTOMÁTICA EN CACAO* (*Theobroma cacao* L.) [Universidad Nacional de Colombia]. <https://docplayer.es/87986296-Dinamica-estomatica-en-cacao-theobroma-cacao-l-c-hernandez-1-e-i-leiva-2-r-ramirez-3-resumen.html>
- International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). (1996). *Descriptores del café 1. Descriptores del. Café. (Coffea spp. Y Psilanthus spp.) IPGRI - PDF Descargar libre.* <https://docplayer.es/51013369-Descriptores-del-cafe-1-descriptores-del-cafe-coffee-spp-y-psilanthus-spp-ipgri.html>
- Jácome de la Cruz, E. X. (2015). *Aplicación de bioestimulantes en plantas de café (Coffea arabica L.) En vivero, en la zona del Cantón Mocache* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1562>
- Lemus-Soriano, B. A., Venegas-González, E., Pérez-López, M. A., Lemus-Soriano, B. A., Venegas-González, E., & Pérez-López, M. A. (2021). Efecto de bioestimulantes radiculares sobre el crecimiento en plantas de aguacate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(6), 1139-1144. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2725>
- Liuba Peña, L. F. (2015). *Efectos del uso de bioestimulantes sobre el vigor y sanidad en plantulas patronales de cacao (Theobroma cacao L.) a nivel de vivero.* [Técnica Estatal de Quevedo]. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4283>

- Melgarejo, L. M. (2010). *EXPERIMENTOS EN FISIOLÓGÍA VEGETAL* - *Buscar con Google*.
https://www.google.com/search?q=EXPERIMENTOS+EN+FISIOLOG%C3%8DA+VEGETAL&rlz=1C1GCEA_enEC1026EC1026&oq=EXPERIMENTOS++EN+FISIOLOG%C3%8DA+VEGETAL&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyCQgAEEUYORiABDIICAEQABgWGB6oAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8#ip=1
- Molina, M. C. E. (2017). *SELECCIÓN DE CULTIVARES PROMISORIOS DE CAFÉ Coffea arabica L. BASADO EN RESISTENCIA A ROYA DEL CAFÉ Hemileia vastatrix Berk. & Br. In vitro Y EN CONDICIONES DE CAMPO EN ZONAS CAFETALERAS DE GUATEMALA C.A.* <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6890/1/EscobarMolinaMyriamConsuelo.pdf>
- Oliveros Díaz, M., & Caicedo Vera, J. (2023). *LA CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA (gs), IMPORTANCIA FUNCIÓN Y FACTORES DE INFLUENCIA. MEDICIÓN DE LA CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA (gs) A TRAVÉS DEL PORÓMETRO DE DIFUSIÓN ESTABLE EN DIFERENTES CULTIVOS. COSMOAGRO S. A. 1. CONCEPTO Y DEFINICIÓN DE LA CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA (gs)*. 11.
- Pillasca, H. B. D., Durand, Z. F. H., Vásquez, A. D. C. G., Bazalar, G. J. D., & Meza, M. A. D. (2019). Índice estomático relacionado con caracteres morfológicos de especies arbustivas de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. *Infinitum...*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.51431/infinitum.v9i1.528>
- Pulgarín, J. (2020). *Crecimiento y desarrollo de la planta de café*. https://www.google.com/search?q=una+edad+donde+la+planta+de+cafe+ya+n+crece&sca_esv=585431380&rlz=1C1GCEA_enEC1026EC1026&sxsrf=AM9HkKnhnxnWFu4VIdQ_Pti boq6z4wbmvA%3A1701013069166&ei=TWZjZeHeCd24qtsP5qqTyAg&ved=0ahUKEwihufu9/
- Quesada, A. M., Sequeira, F. M., & Jiménez-Alvarado, L. D. (2020). Efecto de fitohormonas y fertilizantes sobre el enraizamiento y crecimiento de mini-estaquillas de híbridos F1 de café (*Coffea arabica*). *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), Article 1. <https://doi.org/10.15359/rca.54-1.4>
- RedAgricola. (2022, septiembre 22). Una mirada a los bioestimulantes al suelo. *Redagrícola*. <https://redagricola.com/una-mirada-a-los-bioestimulantes-al-suelo/>

- Reyes-López, D., Quiroz-Valentín, J., Kelso-Bucio, H. A., Huerta-Lara, M., Avendaño-Arrazate, C. H., & Lobato-Ortiz, R. (2015). Caracterización estomática de cinco especies del género *Vanilla*. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2), 237-246. <https://doi.org/10.15517/am.v26i2.19279>
- Rodriguez-Arrobo, T., Cajamarca-Crespo, K., Barrezueta-Unda, S., Luna-Romero, A., Villaseñor-Ortiz, D., Rodriguez-Arrobo, T., Cajamarca-Crespo, K., Barrezueta-Unda, S., Luna-Romero, A., & Villaseñor-Ortiz, D. (2023). Efectos de bioestimulantes en el crecimiento morfológico de plántulas de cacao en etapa de vivero. *Manglar*, 20(2), 117-122. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.013>
- Sephu. (2011). *PODA O SOCA DE CAFETALES Y CORRECCIÓN DE SUELOS CON PRODUCTOS DE SEPHU*. 8.
- Shibaeva, T. G., Mamaev, A. V., & Sherudilo, E. G. (2020). Evaluation of a SPAD-502 Plus Chlorophyll Meter to Estimate Chlorophyll Content in Leaves with Interveinal Chlorosis. *Russian Journal of Plant Physiology*, 67(4), 690-696. <https://doi.org/10.1134/S1021443720040160>
- Silva, R., Silva, A., & Zambolim, L. (1998). Índice estomático en materiales genéticos de café resistentes. *studylib.es*, 2(10), 57-61.
- Soto, F. (1980). *Estimacion del area foliar en C. arabica L. a partir de las medidas lineales de las hojas* (1-3). <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UNANI.050463#similar>
- Syngenta. (2021, agosto 25). *Syngenta*. Syngenta. <https://www.syngenta.com.ec/product/crop-protection/isabion>
- Torres Lopez, J. R. (2018). Efecto de tres bioestimulantes orgánicos en el crecimiento y desarrollo de plántulas de café (*Coffea arabica*), variedad catimor, bajo condiciones de vivero distrito de Shunté, provincia de Tocache. *Repositorio - UNSM*. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3490>
- Venegas Sánchez, S., Orellana Bueno, D., & Pérez Jara, P. (2018). La realidad Ecuatoriana en la producción de café. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 2(2), 72-91. [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.72-91](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.72-91)

Yara. (2018, febrero 7). *La importancia de nitrógeno en la producción de papas* / Yara Ecuador.

Yara. <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/papa/la-importancia-de-nitrogeno-en-la-produccion-de-papas/>

Zambrano Alcívar, F. E. (2019). *Díasdías* [bachelorThesis, Calceta: ESPAM MFL].

<http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1098>

11. Anexos



Anexo 1. Preparación y dosificación del bioestimulante (Evergreen) en una bomba de 20 L para la aplicación foliar a los diferentes tratamientos.



Anexo 2. Aplicación foliar de los bioestimulantes en los diferentes tratamientos en el cultivo de café var. Castillo en la Quinta Experimental La Argelia.



Anexo 3. Dispositivo SPAD 502 Plus utilizado para el registro de los datos de la clorofila de las hojas en las plantas de café var. Castillo en la Quinta Experimental La Argelia.



Anexo 4. Calibrador digital utilizado para recolectar los datos del diámetro del tallo de las plantas de café var. Castillo en la Quinta Experimental La Argelia.



Anexo 5. a) Registro de datos con el SPAD 502 Plus; b) Registro de datos con calibrador digital en las plantas de café var. Castillo en la Quinta Experimental La Argelia.



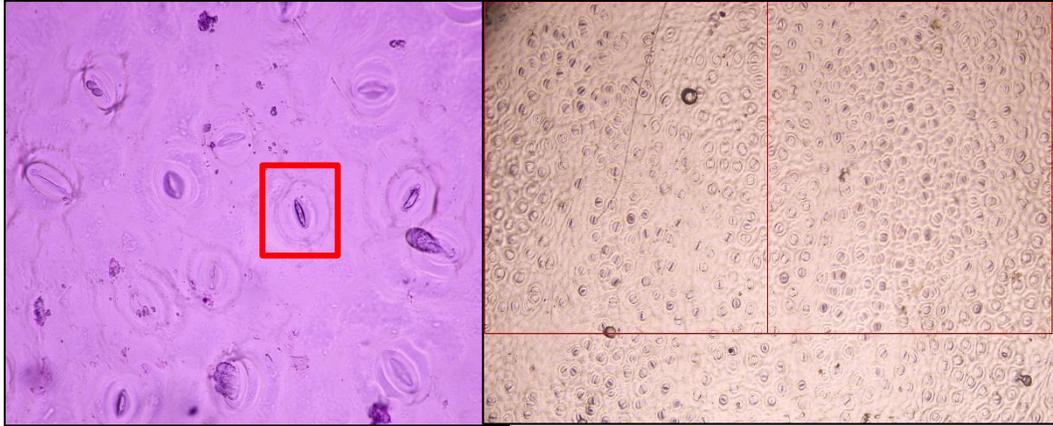
Anexo 6. Aplicación y recolección de la película de esmalte en las hojas de las plantas de café var. Castillo en la Quinta Experimental La Argelia.



Anexo 7. Etiquetado de la muestra estomática obtenida de las hojas en las plantas de café var. Castillo en la Quinta Experimental La Argelia.



Anexo 8. Observación de los estomas en el microscopio Leica modelo DM 1000 obtenidas de las hojas en las plantas de café var. Castillo de los diferentes tratamientos.



Anexo 9. Visualización y conteo de los estomas y células epidérmicas de las hojas de café var. Castillo de los diferentes tratamientos.



Anexo 10. Producción y cosecha de las plantas de café var. Castillo correspondiente al T3 (Evergreen) en la Quinta Experimental La Argelia.



Anexo 11. Frutos obtenidos de las plantas de café var. Castillo correspondiente a todos los tratamientos en la Quinta Experimental La Argelia.



Anexo 12. Registro del peso de 100 frutos correspondiente al T2 obtenidos de las plantas de café var. Castillo en la Quinta Experimental La Argelia.



Anexo 13. Microscopio Leica modelo DM 1000.



Anexo 14. Bioestimulantes comerciales utilizados en las plantas de café var. Castillo.

Anexo 15. Certificado de traducción del resumen

Lic. Andrea Sthefanía Carrión Mgs

0984079037

andrea.s.carrion@unl.edu.ec

Loja-Ecuador

Loja, 20 de noviembre del 2023

La suscrita, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs, **DOCENTE EDUCACIÓN SUPERIOR** (registro de la SENESCYT número: 1008-12-1124463), **ÁREA DE INGLÉS-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**, a petición de la parte interesada y en forma legal.

CERTIFICA:

Que la traducción del resumen del documento adjunto, solicitado por el señor: **Jorge Hernán Requelme Acaro** con cédula de ciudadanía No. **0706151404**, cuyo tema de investigación se titula: **"Efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el desarrollo de café (Coffea arabica L.) var. Castillo en la Quinta Experimental Docente La Argelia."** ha sido realizado y aprobado por mi persona, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs. Docente de Educación Superior en la enseñanza del inglés como lengua extranjera.

El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

**ANDREA
STHEFANIA
CARRION
FERNANDEZ**

Firmado digitalmente
por ANDREA STHEFANIA
CARRION FERNANDEZ
Fecha: 2023.11.20
17:26:27 -06'00'

Andrea Sthefanía Carrión Fernández. Mgs.

English Professor