



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Uso de bioestimulantes para el crecimiento del Café (*Coffea arabica* var. *Typica*) bajo condiciones de invernadero en la Quinta Experimental Docente La Argelia

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

David Alfonso Carrion Salinas

DIRECTOR:

PhD. Max Enrique Encalada Córdova

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 24 de enero de 2023

PhD. Max Enrique Encalada Córdova

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Uso de bioestimulantes para el crecimiento del Café (*Coffea arabica* var. *Typica*) bajo condiciones de invernadero en la Quinta Experimental Docente La Argelia**, previo a la obtención del título de **Ingeniería Agronómica**, de la autoría del estudiante **David Alfonso Carrion Salinas**, con cédula de identidad Nro. **1105871295**, una vez que el trabajo 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.



PhD. Max Enrique Encalada Córdova

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, David Alfonso Carrion Salinas, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación 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 o de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1105871295

Fecha: 25 de enero del 2023

Correo electrónico: david.a.carrion@unl.edu.ec

Teléfono: 2326255 – 0990208670

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 o de Titulación

Yo, David Alfonso Carrion Salinas, declaro ser autor/a del Trabajo de Titulación denominado: Uso de bioestimulantes para el crecimiento del Café (*Coffea arabica var. Typica*) bajo condiciones de invernadero en la Quinta Experimental Docente La Argelia, como requisito para optar por el título de Ingeniería Agronómica, 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 Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinticinco días del mes de enero de dos mil veintitres.

Firma:



Autor: David Alfonso Carrion Salinas

Cédula: 1105871295

Dirección: Loja, Ciudad Victoria

Correo electrónico: david.a.carrion@unl.edu.ec

Teléfono: 2326255 – 0990208670

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de trabajo de titulación:

PhD. Max Enrique Encalada Córdova

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedico primeramente a DIOS por guiarme, protegerme y darme la sabiduría para culminar con éxito mi carrera universitaria.

A MIS AMADOS PADRES, Hernan Rafael Carrion y Nidia Beatriz Salinas Erreyes por ser la base fundamental para mi superación quienes con gran cariño, esfuerzo y sacrificio supieron apoyarme en todo momento para poder cumplir con mi anhelada meta de culminar mis estudios universitarios.

A MIS AMADOS ABUELITOS, Victor Alfonso Salinas y Laureana Cecilia Erreyes, mis segundos padres quienes me alentaron a seguir adelante apoyándome con sus sabios consejos y fortaleciéndome con sus bendiciones.

A MIS HERMANOS, Hernan Daniel y Cristina Beatriz, por ser mis compañeros en el transcurso de la vida, del mismo modo a mis familiares y amigos que han aportado estabilidad y resiliencia en todo desafío afrontado.

A la Srta. Janeth Patricia Román Valarezo, mi enamorada, que pese a la distancia fue y es mi apoyo incondicional en todo momento; me motivo a seguir adelante y cumplir con mis sueños.

A MIS COMPAÑEROS, en especial a mis MEJORES AMIGAS Y AMIGOS, quienes me acompañaron durante la vida universitaria, apoyándome y animándome a seguir adelante.

David Alfonso Carrion Salinas

Agradecimientos

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, carrera de Ingeniería Agronómica y a todos los docentes que contribuyeron en mi formación académica y profesional.

A mi tutor de trabajo de titulación Ing. Max Enrique Encalada Córdova, PhD, guía de este trabajo investigativo, quien gracias a sus enseñanzas, paciencia y apoyo se logró culminar exitosamente el proyecto. De igual manera, al Ing. Klever Cuenca, Ing. Tania Sarango por sus sugerencias en las partes técnicas del trabajo.

Así mismo, agradezco a mis compañeros de clase y amigos: Caty Correa, Jessica Armijos, Jessenia Sánchez, Michelle Cordero, quienes me han apoyado en todo el transcurso de la carrera.

David Alfonso Carrion Salinas

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de Figuras	ix
Índice de Anexos	x
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	7
4.1. Origen del Café	7
4.2. Taxonomía	7
4.3. Morfología	7
4.3.1. Planta	7
4.3.2. Raíz	7
4.3.3. Tallo	7
4.3.4. Hojas	8
4.3.5. Inflorescencia.....	8
4.3.6. Fruto	8
4.4. Condiciones edafoclimáticas	8
4.5. Fases fenológicas	8
4.6. El Café en el Ecuador	9
4.7. Variedades de Café	10
4.7.1. Coffea arabica	10
4.7.2. Coffea canephora.....	10
4.7.3. Coffea liberica	10
4.8. Uso de bioestimulantes en la agricultura	11
4.8.1. ¿Qué es un bioestimulante?	11
4.8.2. Ventajas del uso de bioestimulantes	11
4.9. Bioestimulantes comerciales	12

4.9.1. Alga active.....	12
4.9.2. Micorrizas	12
4.9.3. Trichoderma spp	13
5. Metodología.....	14
5.1. Ubicación del estudio.....	14
5.2. Establecimiento del cultivo	14
5.3. Aplicación de tratamientos	15
5.3.1. Variables morfológicas.....	15
5.3.2. Variables fisiológicas.....	15
5.4. Análisis estadístico.....	18
6. Resultados	19
6.1. Variables Morfológicas	19
6.1.1. Altura y diámetro del tallo.....	19
6.1.2. Número de hojas.....	19
6.1.3. Área Foliar.....	20
6.2. Variables Fisiológicas.....	20
6.2.1. Materia seca.....	20
6.2.2. Longitud de raíz.....	21
6.2.3. Volumen de raíz.....	21
6.2.4. Contenido Relativo de Agua.....	22
6.2.5. Contenido de Clorofila.....	22
6.2.6. Conductancia estomática.....	23
6.2.7. Densidad e Índice estomático.....	24
7. Discusión	25
8. Conclusiones	31
9. Recomendaciones.....	32
10. Bibliografía	33
11. Anexos	39

Índice de Figuras

Figura 1.	Fenología del cultivo de Café.....	9
Figura 2.	Crecimiento del Café var <i>Typica mejorado</i> en el periodo Abril – Septiembre.	19
Figura 3.	Diferencia del número de hojas entre tratamientos al final del experimento.	19
Figura 4.	Área foliar total entre tratamientos.	20
Figura 5.	Efecto de la aplicación de bioestimulantes en materia seca de plántulas de Café a los 90 y 180 días después del tratamiento.....	20
Figura 6.	Efecto de la aplicación de bioestimulantes en la longitud de raíz de plántulas de Café a los 90 y 180 días después del tratamiento.	21
Figura 7.	Efecto de la aplicación de bioestimulantes en el volumen de raíz de plántulas de Café a los 90 y 180 días después del tratamiento.	21
Figura 8.	Efecto de la aplicación de bioestimulantes en el contenido relativo de agua en plántulas de Café a los 90 y 180 días después del tratamiento.	22
Figura 9.	Efecto de la aplicación de bioestimulantes en el contenido de clorofila en plántulas de Café a los 90 y 180 días después del tratamiento.	22
Figura 10.	Efecto de la aplicación de bioestimulantes en conductancia estomática en plántulas de Café a los 90 y 180 días después del tratamiento.....	23
Figura 11.	Efecto de la aplicación de bioestimulantes en densidad estomática en plántulas de Café a los 90 y 180 días después del tratamiento.....	24

Índice de Anexos

Anexo 1.	Establecimiento del cultivo de Café var Typica mejorado.	39
Anexo 2.	Preparación y enfundado de sustrato en proporción 1:1:1 (tierra, arena de mina y turba).....	39
Anexo 3.	Desinfección de sustrato utilizando Terracloro (1gr/l).	40
Anexo 4.	Riego de plántulas de Café var Typica mejorado.....	40
Anexo 5.	Tratamientos utilizados en el periodo de estudio.	41
Anexo 6.	Cálculo de dosis de cada tratamiento y cronograma de evaluación.....	42
Anexo 7.	Evaluación de la altura de la planta.	44
Anexo 8.	Evaluación del diámetro del tallo utilizando un calibrador.	44
Anexo 9.	Determinación del área foliar.....	44
Anexo 10.	Muestra de raíces para determinar la longitud de raíces.....	45
Anexo 11.	Procedimiento para determinar volumen de raíz.	45
Anexo 12.	Muestras para determinar las diferentes variables fisiológicas: materia seca (%) ..	46
Anexo 13.	Muestras de hojas para determinar la variable de Contenido Relativo de Agua.....	46
Anexo 14.	Procedimiento para determinar contenido de clorofila utilizando el método del espectrofotómetro.	47
Anexo 15.	Método para determinar conductancia estomática en hojas utilizando un porómetro	47
Anexo 16.	Procedimiento para determinar densidad e índice estomático.	48
Anexo 17.	Diferencia en variables morfológicas (entre tratamientos) en el periodo de estudio Abril – Septiembre 2022.	48
Anexo 18.	Promedios de las variables morfológicas obtenidas al final del periodo de estudio (Abril – Septiembre 2022).....	49
Anexo 19.	Diferencia en variables fisiológicas (entre tratamientos) en el periodo de estudio Abril – Septiembre 2022.	49
Anexo 20.	Promedios de las variables fisiológicas obtenidas al final del periodo de estudio (Abril – Septiembre 2022).	51
Anexo 21.	Análisis de varianza para las variables morfológicas de estudio y análisis de supuestos.	51
Anexo 23.	Análisis de la prueba Durbin Watson para variables morfológicas mediante software Statgraphics.....	55
Anexo 24.	Análisis de varianza para las variables fisiológicas de estudio.	56
Anexo 25.	Análisis de la prueba Durbin Watson para variables fisiológicas mediante software Statgraphics.....	69
Anexo 26.	Certificación de traducción del abstract.	71

1. Título

Uso de bioestimulantes para el crecimiento del Café (*Coffea arabica* var. Typica) bajo condiciones de invernadero en la Quinta Experimental Docente La Argelia

2. Resumen

El café es el segundo producto más comercializado y la segunda bebida más consumida en todo el mundo; es uno de los cultivos más importantes, debido a que aporta en la economía de manera directa en los lugares donde es cultivado. El objetivo de este estudio fue evaluar indicadores morfológicos y fisiológicos con la aplicación de tres bioestimulantes (Alga active, Micorrizas, *Trichoderma*); las evaluaciones se realizaron mensualmente durante seis meses. Además se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos (Bioestimulantes + Testigo) y tres repeticiones. Al analizar las variables morfológicas, el tratamiento Testigo obtuvo el mayor promedio en altura de planta, diámetro del tallo y área foliar con 11,21 cm; 0,15 cm y 117,07 cm² respectivamente. Para el número de hojas se encontró que tanto *Trichoderma* y micorrizas obtuvieron seis pares de hojas al final del experimento. Para las variables fisiológicas a los 90 DDT, *Trichoderma* supera a los demás tratamientos en contenido de clorofila, conductancia y densidad estomática con 47,49 $\mu\text{g/ml}$; 117,37 mmol/m²s; 77,37 estomas/mm² respectivamente; el bioestimulante con resultados favorables para contenido relativo de agua y longitud de raíz fue alga active con 90,74 % y 20,33 cm; el tratamiento testigo obtuvo el mayor promedio para volumen de raíz con 8,88 ml. A los 180 DDT, micorriza obtuvo los mejores promedios en materia seca y contenido de clorofila con 1,39 % y 29,26 $\mu\text{g/ml}$; para contenido relativo de agua y longitud de raíz el tratamiento testigo obtuvo el mayor promedio con 76,72 % y 27,58 cm; para conductancia estomática, *Trichoderma* obtiene 182,33 mmol/m²s; el bioestimulante que tiene un mayor efecto significativo fue alga active con un promedio de 214,97 estomas/mm² para densidad estomática. No se encontró diferencia significativa al analizar el índice estomático.

Palabras clave:

Coffea arabica L; bioestimulantes; morfología; fisiología

2.1. Abstract

Coffee is the second most traded product and the second most consumed drink in the world; It is one of the most important crops because it directly contributes to the economy in the places where it is cultivated. The objective of this study was to evaluate morphological and physiological indicators with the application of three bio stimulants (Algae active, Mycorrhizae, Trichoderma); evaluations were carried out monthly for six months. In addition, a completely randomized design (DCA) was used with 4 treatments (Bio stimulants + Control) and three repetitions. When analyzing the morphological variables, the Control treatment obtained the highest average in plant height, stem diameter, and leaf area with 11.21 cm: 0.15 cm and 117.07 cm² respectively. For the number of leaves, it was found that both Trichoderma and mycorrhizae obtained six pairs of leaves at the end of the experiment. For the physiological variables at 90 DAT, Trichoderma surpasses the other treatments in chlorophyll content, conductance, and stomatal density with 47.49; 117.37 mmol/m²s; 77.37 stomas/mm² respectively; the bio stimulant with favorable results for relative water content and root length was active algae with 90.74 % and 20.33 cm; the control treatment obtained the highest average for root volume with 8.88 ml. At 180 DAT, mycorrhiza obtained the best averages in dry matter and chlorophyll content with 1.39% and 29.26; for relative water content and root length, the control treatment obtained the highest average with 76.72 % and 27.58 cm; for stomatal conductance, Trichoderma obtained 182.33 mmol/m²s; the bio stimulants had a significant effect on active algae with an average stomatal density of 214.97 stomata/mm². No significant differences were found when analyzing the stomatal index.

Keywords:

Coffea arabica L; bio stimulants; morphology; physiology

3. Introducción

Después del petróleo, el café es el segundo producto más comercializado y la segunda bebida más consumida en todo el mundo ([Saberian et al., 2021](#)), además de ser un producto comercial muy valioso. Brasil es el mayor productor de este cultivo, seguido por Vietnam y Colombia ([DaMatta et al., 2007](#)). En la actualidad, el café arábica representa alrededor del 70% del café producido y el 30 % restante corresponde al café robusta ([Campuzano-Duque et al., 2021](#)). Existen muchas variedades de café a nivel mundial, las cuales han sido introducidas en varios sitios donde ha permanecido por muchos años bajo condiciones que difieren ecológicamente de las que le dieron origen ([Rahn et al., 2014](#)). Particularmente en el Ecuador, es un cultivo de gran importancia económica, ya que cuenta con 199 215 ha cultivadas ([Mosquera & Espinoza, 2016](#)), distribuidas en 23 de las 24 provincias del país, por tanto, está relacionado con un amplio tejido social y económico. Su producción se concentra en las provincias de Manabí (especialmente en la localidad de Jipijapa), Loja y estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes ([Aspiazu & Navarro, 2009](#); [Valverde-Lucio et al., 2020](#)).

Rouphael & Colla, ([2020](#)) mencionan que, el sector agrícola enfrenta el desafío de aumentar la productividad para alimentar a la creciente población mundial y aumentar la eficiencia en el uso de los recursos, a fin de reducir el impacto ambiental en los ecosistemas. Actualmente, los fertilizantes y pesticidas juegan un papel crucial en la agricultura, representando una poderosa herramienta para aumentar el rendimiento y garantizar una productividad continua a lo largo de las estaciones ([Malhi et al., 2021](#)). Sin embargo, en las últimas tres décadas, se han propuesto varias innovaciones tecnológicas para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola, a través de una reducción significativa de agroquímicos sintéticos como pesticidas y fertilizantes ([Castiglione et al., 2021](#)). Una innovación prometedora y respetuosa con el medio ambiente sería el uso de bioestimulantes naturales de plantas (PB) los cuales mejorarían cualquier etapa fenológica de las plantas, además de incrementar la tolerancia contra un amplio rango de estresores abióticos ([Colla & Rouphael, 2015](#)).

Du Jardin, ([2015](#)) menciona que un bioestimulante vegetal es cualquier sustancia o microorganismo aplicado a las plantas con el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y/o las características de calidad del cultivo, independientemente de su contenido de nutrientes. Una ventaja de estos bioestimulantes

es que puede ser utilizado en cualquier etapa fenológica del cultivo ([Russo & Berlyn, 1991](#)); no obstante, el uso de este tipo de productos es desconocido para los caficultores de la zona, los cuales prefieren utilizar productos químicos para mejorar el rendimiento de su cultivo ([Bulgari et al., 2015](#)).

Varios estudios realizados en Ecuador, especialmente en la zona costera, han determinado que al emplear fitohormonas, como el Ácido Naftalenacético (A.N.A), la planta adquiere una mayor altura y un mayor diámetro del tallo, respectivamente. En el cantón Mocache, se evaluaron variables morfológicas y se identificó que al emplear Ergostim la planta muestra una mayor altura, mientras que, al utilizar Hormoagro adquiere un mayor diámetro del tallo; en cuanto al análisis económico, se registró mayores ingresos al emplear Bioplus, por lo contrario, el menor ingreso lo obtuvo el tratamiento testigo ([Castillo & Cruz, 2015](#)); al utilizar bioestimulantes orgánicos como *Trichoderma* y Micorrizas propicia un mejor desarrollo morfológico de la planta ([Lino, 2020a](#)).

Estudios realizados en varias localidades de Manabí han demostrado un efecto significativo al utilizar bioestimulantes; Franco & Vera; ([2018](#)) determinaron que al utilizar Induktor en el híbrido Sarchimor 4260, a los 90 días se obtienen los mejores promedios en cuanto a las variables morfológicas. Sin embargo, en el cantón Jipijapa se encontró diferencia significativa en las variables materia seca, humedad y nitrógeno (N), siendo los bioestimulantes Starlite y Evergreen los mejores en MS, y al Humega y Evergreen en contenido de N; además, se observó una mejor respuesta a la asimilación de clorofila (Cl) por parte de todos los bioestimulantes, superando de manera general a la urea, siendo los mejores Micorriza y Starlite, estableciendo una correlación positiva alta entre el N y la Clorofila. En lo referente al desarrollo morfológico se encontró mejor respuesta de la urea, y a nivel de bioestimulantes, el Humega y la Micorriza expresaron mejores resultados, todos entre los 90 y 120 días ([Valverde et al., 2020](#)).

Frente a este contexto, el objetivo principal de la presente investigación es, determinar los efectos de la aplicación de tres bioestimulantes en las fases tempranas de crecimiento del café (*Coffea arabica* var. Typica) evaluando tanto variables morfológicas como fisiológicas bajo condiciones de invernadero.

Objetivo General

- Determinar los efectos de la aplicación de bioestimulantes en el crecimiento de plántulas de Café (*Coffea arabica* var *Typica*) bajo condiciones de invernadero en la Quinta Experimental Docente La Argelia.

Objetivos Específicos

- Evaluar indicadores de crecimiento en plántulas de Café (*Coffea arabica* var *Typica*) con la aplicación de tres bioestimulantes bajo condiciones de invernadero.
- Evaluar indicadores fisiológicos en plántulas de Café (*Coffea arabica* var *Typica*) con la aplicación de tres bioestimulantes bajo condiciones de invernadero.

4. Marco teórico

4.1. Origen del Café

Las evidencias históricas mencionan que el origen del café sucedió en el siglo XV en el país de Yemen, lugar de donde se diversificó hacia todo el mundo árabe, mientras que, para el año 1616 los holandeses lograron reproducirlo en la India y Java (Indonesia) ([Teketay, 1998](#)).

En el año de 1615, el comercio veneciano lleva el café hacia Europa y en el año de 1668 ya se consumía en el continente americano, sin embargo, la producción masiva de esta bebida comenzó en el año de 1720 ([Anacafe, 2018](#)).

4.2. Taxonomía

Escobar ([2017](#)) y Perez ([2021](#)) describen que el cultivo de café taxonómicamente pertenece al Reino Plantae, División *Magnoliophyta*, Clase *Magnoliopsida*, Orden *Gentianales*, Familia *Rubiaceae*, Tribu *Coffeae*, Género *Coffea* y Especie *Coffea arabica* L.

4.3. Morfología

4.3.1. Planta

Los cafetos son arbustos que pueden llegar a medir hasta 12 m de altura, sin embargo, existen algunas variedades salvajes que pueden llegar a medir hasta 20 m de altura. Posee un tronco recto y liso, además de ser considerado un árbol leñoso ([Van der Vossen et al., 2015](#)).

4.3.2. Raíz

Tiene una raíz principal que penetra hasta 50 cm de profundidad; a partir de esta raíz, se derivan las raicillas, las cuales se extienden horizontalmente y sirven de soporte a raíces delgadas y absorbentes ([Blanco et al., 2003](#)).

4.3.3. Tallo

Los tallos poseen dos tipos de brotes: ortotrópicos, los cuales crecen verticalmente y comprenden tallos principales y chupones; y plagiotrópicos, estos crecen horizontalmente y comprenden ramas primarias, secundarias y terciarias ([Barva & Heredia, 2011](#)).

4.3.4. Hojas

Pueden tener forma ovalada o lanceolada, es de color verde brillante en el haz y el envés de color verde claro y su tamaño puede variar de 3 a 6 pulgadas de largo ([Silva et al., 2021](#)).

4.3.5. Inflorescencia

Por lo general, las flores son pequeñas, de color blanco con un olor fragante. Los pétalos de la corola se unen formando un tubo. El número de pétalos puede variar de 4 a 9 dependiendo de la especie y la variedad, mientras que, el cáliz está dividido en 4 a 5 sépalos ([Díaz et al., 2016](#)).

4.3.6. Fruto

El fruto del cafeto es una drupa. Es de forma ovalada o elipsoidal ligeramente aplanada. Contiene normalmente dos semillas plano convexas separadas por el tabique (surco) interno del ovario ([Lino, 2020b](#)).

4.4. Condiciones edafoclimáticas

En la guía técnica para el cultivo de Café escrita por Barva y Heredia, ([2011](#)) menciona que la altitud óptima del cultivo oscila desde los 500 a 1700 m.s.n.m. Si sobrepasa de esta altura, presenta limitaciones en su desarrollo; además, se requiere de una precipitación de 1000 mm anuales y temperaturas entre los 17 a 23 °C, con una humedad relativa menor o igual al 85%.

4.5. Fases fenológicas

La fenología se refiere al desarrollo, diferenciación e inicio de formación de los órganos de las plantas ([Hodges, 1991](#)), también conocido como el estudio de fenómenos biológicos periódicos ([Reddy, 2010](#)). El conocimiento de la fenología de cualquier cultivo sirve para desarrollar modelos de crecimiento y desarrollo de los cultivos, además de ser útil para apoyar la toma de decisiones a nivel de sistema de producción ([Russo, 2009](#)). De acuerdo con ([Arcila et al., 2002](#)), el conocimiento de la fenología es muy importante para la apropiada planeación y manejo de prácticas como la fertilización, control de enfermedades, insectos y arvenses, entre otras.

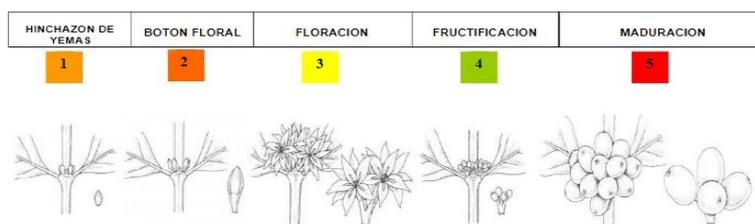


Figura 1. Fenología del cultivo de Café

Fuente: ([Quizhpe, 2019](#))

La figura 1 presenta los diferentes estados fenológicos del café. En esta etapa los botones florales se hinchan (1) y crecen debido a la gran movilización de agua y nutrientes (2), se extienden hasta la apertura de las flores (3), y posterior caída de los pétalos (3). La fructificación (4) se inicia con el cuajado de los frutos, donde alcanzan un diámetro de 3 a 5 mm, estos frutos continúan creciendo hasta tornarse duros y de color verde (5). Al final de esta fase se aprecia una semilla, completamente formada, y de pulpa blanca. Por último en la maduración (5), los granos son suaves nuevamente y han cambiado de color verde a verde amarillento, para finalmente tornarse ya sea rojo vinoso o rojo brillante, según el cultivar ([Macedo et al., 2002](#); [Quizhpe, 2019](#)).

4.6. El Café en el Ecuador

El café se produce en 23 de las 24 provincias del país lo cual denota la gran importancia socioeconómica del sector. La distribución de esta producción y gracias a la Asociación Nacional de Exportadores de Café, ANECAFE, estima que este tipo de cultivo se distribuyen en todas las regiones del Ecuador, teniendo: Región Costa - 112,000 (ha), Región Sierra - 62,000 ha, Región Amazónica 55.000 ha y en la Región Insular - 1.000 ha de cafetales. Esta amplia distribución se presenta porque el Ecuador es uno de los 14 países, entre cerca de 70, que tiene producción mixta, es decir, cultiva las especies comerciales arábica (*Coffea arabica*) y robusta (*Coffea canephora*).

Al igual que en los demás países cafetaleros, la producción de café es una actividad familiar que demanda mucha mano obra, la cual genera empleo rural y urbano, pues a las jornadas en el campo se suman aquellas necesarias para los procesos de comercialización, transporte, preparación del grano para la exportación y de industrialización ([Forum, 2019](#)).

4.7. Variedades de Café

Dentro de las especies del género *Coffea* más importantes, se puede mencionar la variedad Arabica (*Coffea arabica*), Robusta (*Coffea canephora*) y *Coffea liberica*, siendo las dos primeras variedades las que se encuentran en Ecuador ([Sisalima, 2011](#)).

4.7.1. Coffea arabica

El café arabica es nativo de las tierras altas de Etiopía; se puede desarrollar entre los 1350 y 2000 m.s.n.m. Tiene características morfológicas de arbusto, de copa piramidal, hojas elípticas, oblongas y a veces lanceoladas. Inflorescencias de 2 a 3 cimbras por axila. Frutos son drupas de forma elipsoidal. Además la floración y producción con tendencia estacionaria ([Albarran et al., 2005](#)). Su producción se concentra en las provincias de Manabí (especialmente en la localidad de Jipijapa), Loja y en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes ([Venegas et al., 2018](#)). Entre las variedades que se cultivan tenemos: Bourbon, Caturra, Cavimor, Colombia, Costa Rica, Nacional o Typica, Sarchimor, difundiendo en los últimos años las nuevas variedades arabicas de Pacas, Catuaí, y Catimor que son cultivadas en menor proporción ([Corecaf, 2012](#)).

4.7.2. Coffea canephora

Sisalima ([2011](#)) menciona que es un arbusto liso con hojas anchas de apariencia corrugada, oblongas, cortas, de hasta 30 cm de largo y hasta 15 cm de ancho; las bayas ampliamente elipsoidales hasta de 16 mm, se cultiva en zonas hasta aproximadamente 1000 m.s.n.m, crece en planicies, además de adaptarse en bosque tropical húmedo, sus granos contienen un alto contenido de cafeína. La mayor producción es en la Amazonía, especialmente en Sucumbíos y Orellana ([Venegas et al., 2018](#)). Entre las principales variedades cultivadas en estas zonas tenemos: NP3056, NP3013, NP2024, NP3072, NP4024 Y NP3018; mientras que, en la provincia de Guayas y Santa Elena se cultivan las variedades NP4024 y NP2024 ([Iniap, 2022](#)).

4.7.3. Coffea liberica

Es un árbol sumamente ornamental o liso, sus hojas son grandes y brillantes soporta la exposición del sol mejor que la mayoría de las otras variedades, produce granos de baja calidad ([Barragàn, 2008](#)).

4.8. Uso de bioestimulantes en la agricultura

4.8.1. ¿Qué es un bioestimulante?

Un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que, cuando se aplican a organismos vegetales, este es capaz de mejorar la eficacia de estas en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia ([Saborío, 2002](#)).

4.8.2. Ventajas del uso de bioestimulantes

Ormeño & Ovalle, ([2007](#)); Rojas, ([2012](#)); González *et al.*, ([2015](#)); Díaz *et al.*, ([2016](#)) mencionan que las principales ventajas del uso de bioestimulantes en las plantas son:

- Incrementa la calidad de los vegetales activando el desarrollo de diferentes órganos, y reduce los daños causados por estrés sean estos fitosanitarios, climáticos, transporte, etc.
- Facilita la disponibilidad de material de síntesis, estimula la fotosíntesis y la actividad de las hormonas, asegurando una mejor expresión del potencial de crecimiento, precocidad de floración de la planta, además son reactivadores enzimáticos.
- Regulan procesos de crecimiento y desarrollo en la planta.
- Proporcionan aminoácidos de una manera inmediata, los cuales mediante uniones peptídicas catalizadas, se convierten en fuente de proteínas para las plantas.
- Dan vigor a la planta y favorecen la vida bacteriana del suelo al aumentar los contenidos orgánicos.
- Actúan como reconstituyentes de los tejidos vegetales.
- Proporciona incrementos adicionales en los rendimientos de los cultivos.
- Estimula y vigoriza desde la germinación hasta la fructificación.
- Reduce el ciclo del cultivo, potenciando la acción de los fertilizantes, lo que permite reducir entre 30 % y 50 % la dosis recomendada.

4.9. Bioestimulantes comerciales

4.9.1. Alga active

Alga active es un bioestimulante y fertilizante foliar y radicular, producido a partir del alga marina *Durvillaea antarctica*. A este producto se lo obtiene por medio de un proceso de hidrólisis a baja temperatura, en donde se extraen los compuestos bioactivos como fitohormonas, carbohidratos, vitaminas, los cuales son suplementados con nutrientes y aminoácidos libres, todos perfectamente balanceados.

Alga active debido a su composición actúa en el metabolismo de la planta, activando y equilibrando las funciones fisiológicas a nivel celular de forma integral. De esta manera la planta desarrolla su potencial productivo frente al medio ambiente, dando como resultado un óptimo desarrollo vegetativo y radicular.

Alga active es una excelente herramienta para enfrentar situaciones de estrés abiótico tales como: altas y bajas temperaturas, déficit hídrico y toxicidad por sales ([Kapoor et al., 2021](#)).

4.9.2. Micorrizas

Se denomina micorrizas a las asociaciones simbióticas y mutualistas que se crean entre las raíces de las plantas terrestres y ciertos tipos de hongos de suelo. Estos fueron descubiertos en el año 1885 y llamaron la atención de los expertos por su relación, hasta la fecha, excepcional y eficaz. Tanto es así, que se estima que más del 97% de especies vegetales que existen sobre la superficie terrestre están micorrizadas ([Acosta, 2021](#)).

4.9.2.1. Micorrización en vivero.

El proceso de micorrización puede ser tanto de forma natural como antrópica, para realizar este último, debemos de tener en cuenta diversos factores para el éxito de la simbiosis, entre estos tenemos que comprobar la edad y el estado fisiológico tanto de la planta y como del hongo. Además, se debe evitar que se encuentren presentes otras variedades de hongos que puedan interferir en la micorrización. Ya, por último y no menos importante debemos tomar en cuenta el pH del suelo, el agua o los nutrientes disponibles antes de continuar con el proceso ([Acosta, 2021](#)).

4.9.2.2. Ventajas de la micorrización.

- Mejora la asimilación y captación de nutrientes, sobre todo de minerales, como fósforo, calcio, potasio e incluso de nitrógeno y de agua; tanto para la planta como para el hongo.

- Mejora de algunos tipos de plantas, facilitando procesos para hacerlas más fuertes y resistentes al clima, al tipo de suelo y a la presencia de sustancias que acidifican el suelo, como el azufre o el magnesio.
- Protege a la planta y al hongo de patógenos y nematodos externos que puedan dañarlos.
- Mejora el estado fisiológico y activa las raíces de la planta.
- Las raíces se mantienen activas más tiempo ayudando a la alimentación y, por lo tanto, al crecimiento óptimo de la planta.
- El hongo consigue como beneficios una mayor cantidad de carbohidratos y vitaminas procedentes de la planta ([García & García, 2022](#)).

4.9.3. Trichoderma spp

Taxonómicamente pertenece al *Phylum Ascomycota*, Clase *Euascmycetes*, Orden *Hypocreales*, Familia *Hypocreaceae*. Es un hongo filamentoso cuyo estado teleomorfo corresponde al hongo *Hypocrea* spp. El género *Trichoderma* tiene cinco especies consideradas como antagonistas: *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningi*, *Trichoderma longibrachiatum*, *Trichoderma pseudokoningii* y *Trichoderma vir*, morfológicamente se compone de conidias y fiálides ([García et al., 2006](#)).

Trichoderma spp., produce tres tipos de propágulos: hifas, clamidosporas y conidios, estas son activas contra fitopatógenos en diferentes fases del ciclo de vida, desde la germinación de las esporas hasta la esporulación ([Fernandez & Vega, 2001](#)).

El género *Trichoderma* posee buenas cualidades para el control de enfermedades en plantas causadas por patógenos fúngicos del suelo, principalmente de los géneros *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Pythium* y *Fusarium* entre otros ([Ezziyyani et al., 2004](#)).

Además las especies de *Trichoderma* establecen largos períodos de colonización en el interior de la epidermis produciendo compuestos capaces de inducir una respuesta local o sistémica de defensa para las plantas, en la que se involucran la síntesis y acumulación de fitoalexinas, flavonoides y derivados fenólicos ([Vinale et al., 2012](#)).

Arenas et al., (2009) menciona que a *Trichoderma*, se le puede encontrar en diferentes materiales orgánicos y suelos, están adaptados a diferentes condiciones ambientales lo

que facilita su amplia distribución. Algunas especies prefieren localidades secas y templadas y otras templadas y frías.

Todos los mecanismos de acción de *Trichoderma* se basan en el principal papel como promotor de crecimiento vegetal que tiene, el cual se manifiesta desde las primeras fases de la plántula, y que le confiere mayores ventajas a la hora del trasplante. *Trichoderma* se asocia a las raíces de la planta proporcionándole un mayor vigor y crecimiento ([Chang et al., 1986](#)).

La incorporación de organismos seleccionados por sus funciones en diversos procesos que contribuyan a la implantación, desarrollo y producción de cultivos es una alternativa que permite lograr aumentos en el crecimiento radical. Así se favorece la exploración del suelo y se mejora la accesibilidad al agua y nutrientes limitantes para los cultivos. Como consecuencia, se reducen procesos de pérdida de nutrientes móviles, se atenúan períodos de moderado estrés hídrico y se logra mantener tasas de crecimiento activo del cultivo mejorando su capacidad fotosintética ([Pedraza et al., 2010](#)).

El uso de microorganismos benéficos puede ser una alternativa para disminuir las dosis de fertilizantes. Existe abundante evidencia científica que ha establecido que el funcionamiento de un ecosistema terrestre depende de la actividad microbiana del suelo. Entre los mecanismos de acción utilizados por estos microorganismos se encuentran la facilitación de la adquisición de recursos, intervención de la morfología de la raíz y la fijación de nitrógeno ([Schoebitz, 2006](#)).

5. Metodología

5.1. Ubicación del estudio

El presente trabajo se realizó en el Banco de Germoplasma de la Quinta Experimental Docente La Argelia (-79.204° S y -3.993° O), Loja, Loja – Ecuador, con una altitud de 2136 m.s.n.m, temperatura media de 17 °C, 1500 mm/año de precipitación y 80 % de HR.

5.2. Establecimiento del cultivo

Para el establecimiento del cultivo se utilizó un lote de 240 plántulas de café arábica variedad típica mejorado de una edad aproximada de 2 meses (Ver Anexo 1). Las plántulas fueron sembradas en un sustrato estéril en base a Tierra, arena de mina y turba (proporción 1:1:1) (Ver Anexo 2) para posteriormente desinfectarlo con Terracloro (1 g/L) (Ver Anexo 3). Las plántulas fueron regadas periódicamente con agua no clorada de

acuerdo a sus requerimientos (Ver Anexo 4). Todos los ensayos fueron realizados bajo invernadero.

5.3. Aplicación de tratamientos

Los tratamientos utilizados fueron Micorrizas (52,5 cc), *Trichoderma* spp (4,2 gr), Alga active (10,5 cc) y Testigo disueltos en 4,2 L de agua respectivamente (Ver Anexo 5). Para cada tratamiento, se realizó tres repeticiones, teniendo un total de 12 unidades experimentales y cada UE contó con 20 plántulas. La aplicación de los tratamientos se realizó de forma mensual durante seis meses (Abril – Septiembre 2022) (Ver Anexo 6). Inicialmente las características morfológicas de las plantas fueron registradas (altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar) y se evaluaron las mismas variables en el periodo de estudio.

5.3.1. Variables morfológicas

Se realizó evaluaciones de altura de planta, en donde se midió desde el cuello hasta el ápice terminal (Ver anexo 7); para medir el diámetro del tallo se utilizó un calibrador el cual se lo colocó en el cuello de la planta (Ver Anexo 8). Se contabilizaron el número de hojas que emergieron cada mes para determinar la variable de par/número de hojas. Para determinar el área foliar se utilizó una regla para medir el largo y ancho de la hoja (Ver Anexo 9). Con dicha información se calculó el área foliar, de acuerdo con la siguiente expresión descrita por ([Antunes et al., 2008](#)):

$$AF = 0,64 * 2(Lh * Ah) + 0,49 \qquad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

AF = área foliar

Lh largo de hoja

Ah = ancho de hoja.

5.3.2. Variables fisiológicas

A diferencia de las variables morfológicas, las variables fisiológicas fueron evaluadas en dos periodos (90 y 180 DDT), para estas variables se realizó un análisis destructivo en donde se tomó una muestra representativa de 4 plantas de cada UE para su posterior análisis.

Las variables evaluadas fueron longitud de raíz, en donde se utilizó reglas o cintas métricas para determinar la misma (Ver Anexo 10), en cuanto al volumen de raíz, se quitaron los residuos y se colocó en un recipiente graduado con agua y el agua desplazada determinó la misma (Ver Anexo 11). Para determinar la materia seca, se tomó una muestra representativa de cada tratamiento la cual se pesó en estado fresco utilizando una balanza abierta, para posteriormente etiquetar las muestras en fundas de papel y ubicar en una estufa a 105 °C durante 12 horas, este procedimiento se repitió tanto para materia seca aérea como radical. La fórmula que se utilizó fue:

$$MS = \left(\frac{P_f - P_s}{P_f} \right) * 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

MS = materia seca

P_f = peso fresco

P_s = peso seco (Ver Anexo 12).

Para determinar el contenido relativo de agua se tomó muestras foliares centrales con un sacabocados de 25 mm de diámetro y se obtuvo el peso fresco (PF), luego estos discos se ubicaron en bandejas o cajas Petri con gasa saturados de agua durante 2 a 3 horas para que alcancen su inhibición máxima, una vez transcurrido dicho tiempo se secaron superficialmente sin presionar con papel absorbente, posteriormente se pesó el peso túrgido (Szczalba et al.). Luego se ingresó las muestras a la estufa a 65 °C y se determinó el peso seco (PS). Por último se aplicó la fórmula descrita por Carter, (1989) donde menciona que

$$CRA = \frac{(PF - PS)}{(PT - PS)} * 100$$

Donde:

PF = peso fresco

PS = peso seco

PT = peso túrgico (Ver Anexo 13)

Para determinar el contenido de clorofila, se trozó 1 g de hojas descartando bordes, base, ápice y nervadura, para posteriormente ubicar en tubos previamente envueltos con papel aluminio (Ver Anexo 14), seguidamente se agregó 6 mL de etanol al 90 %. Se tomó 1 mL de pigmento y se agregó 10 mL de solvente o el volumen de la celda de etanol al 90 %. Se realizó lecturas a longitud de 645 y 663 nm; y por último se aplicó la fórmula previamente establecida (Ver Anexo 14). Para determinar la conductancia estomática se utilizó un porómetro (Ver Anexo 15).

Se evaluaron las variables densidad e índice estomático para el estudio de los estomas, para lo cual se obtuvieron impresiones epidérmicas de las hojas completamente maduras; la técnica consistió en la aplicación de barniz de uñas transparente en un área pequeña cerca de 0,5 x 0,4 mm, el valor de 0,4 mm correspondió a la banda en la zona central del envés de la hoja ([Salas et al., 2001](#)). Después de que el barniz se secó, por aproximadamente 90 s, la capa fue removida con cinta adhesiva y montada en un portaobjetos (Ver Anexo 16). Se tomó muestras representativas de cada hoja y se observaron 8 campos en un microscopio con el objetivo 40X. Con dicha información se calculó tanto la densidad e índice estomático, de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$DE = (0,5 * 0,4) * N^{\circ} \text{ de estomas} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$IE = \left(\frac{DE}{DE+DCE} \right) * 100 \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

DE = densidad estomática

Nº de estomas = número de estomas

IE = índice estomático

DCE= densidad de células epidérmicas

5.4. Análisis estadístico

Se tabuló los datos de variables morfológicas y fisiológicas en el software Excel (Ver Anexo 17, 18, 19 y 20), para posteriormente realizar un análisis de supuestos, junto con pruebas de Durbin Watson con el software Statgraphics 19; análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de Tukey con el programa Infostat 2020.

Al realizar el ANOVA observamos que el coeficiente de variación para las variables morfológicas superó el 30 % lo que implicó heterogeneidad de los valores de las variables (Ver Anexo 21), por lo cual se procedió a realizar una transformación en los datos de las variables de estudio utilizando logaritmo natural, al mismo tiempo que se cumplen los supuestos establecidos para el diseño experimental utilizado (Ver Anexo 22). Además, se realizó un análisis de forma independiente para las variables fisiológicas, en donde se identificó el CV y de acuerdo al caso se realizó el mismo procedimiento anteriormente descrito (Ver Anexo 23 y 24).

6. Resultados

6.1. Variables Morfológicas

6.1.1. Altura y diámetro del tallo.

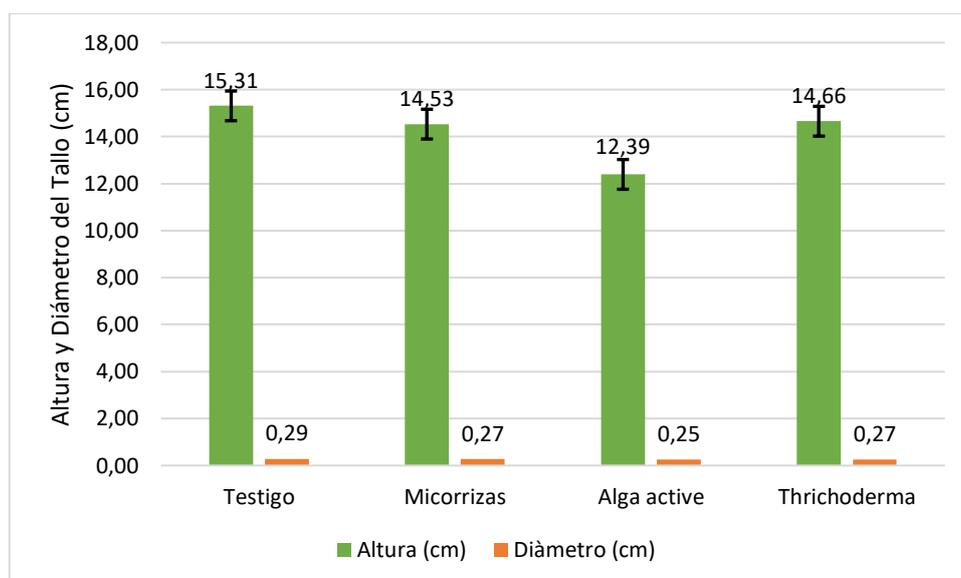


Figura 2. Crecimiento del Café var *Typica* en el periodo Abril – Septiembre.

En la figura 2 muestra tanto la altura y diámetro del tallo al final del ensayo. No se encontró diferencia significativa entre tratamientos ($pvalue = 0,33$; $p > 0,05$); además, el tratamiento testigo logró un mayor crecimiento tanto en altura como en diámetro del tallo, seguido de *Trichoderma*; sin embargo, el tratamiento alga active obtuvo los valores más bajos en las variables de estudio.

6.1.2. Número de hojas.

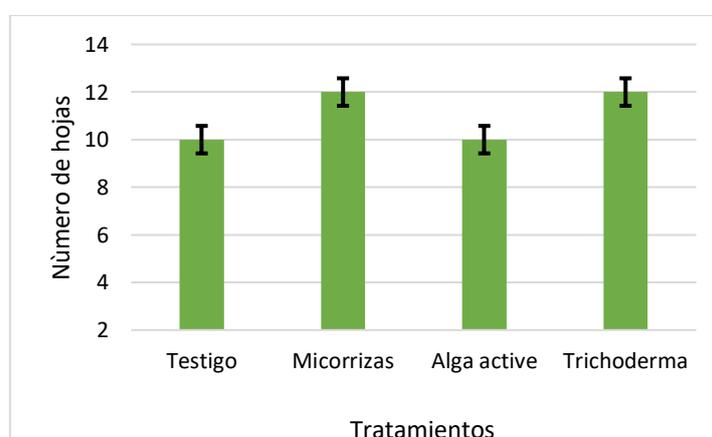


Figura 3. Diferencia del número de hojas entre tratamientos al final del experimento.

En cuanto al número de hojas al final del experimento, no se encontró diferencias significativas entre tratamientos ($pvalue = 0,89$; $p > 0,05$); además, se observó que con la aplicación directa tanto de micorrizas y *Trichoderma* provocó un mayor número de

hojas, por lo contrario, tanto el tratamiento testigo y alga active obtuvieron el menor número de hojas (Figura 3).

6.1.3. Área Foliar.

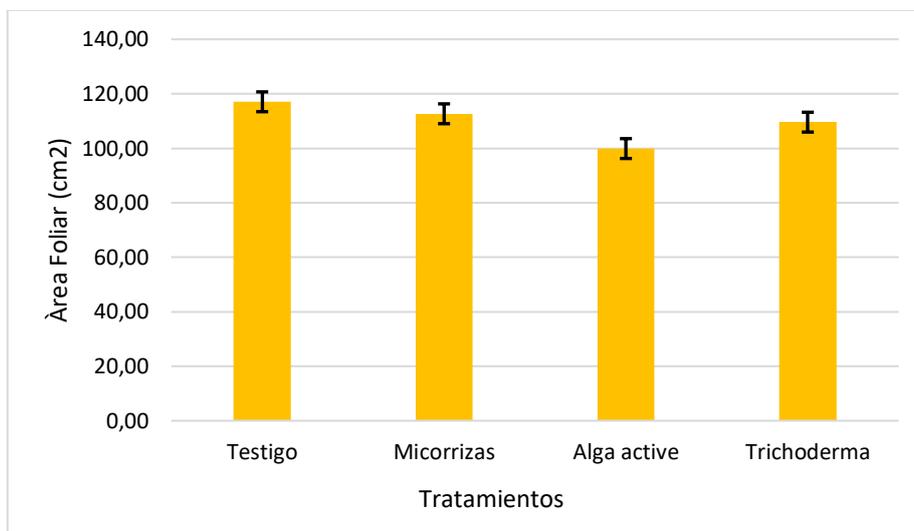


Figura 4. Área foliar total entre tratamientos.

En la figura 4 se muestra el área foliar total, en donde no hay diferencia significativa entre tratamientos ($pvalue = 0,50$; $p > 0,05$); sin embargo, el tratamiento testigo logró un mayor crecimiento en la variable de estudio, seguido de micorrizas; por lo contrario, el tratamiento que obtuvo el promedio más bajo fue alga active.

6.2. Variables Fisiológicas

6.2.1. Materia seca.

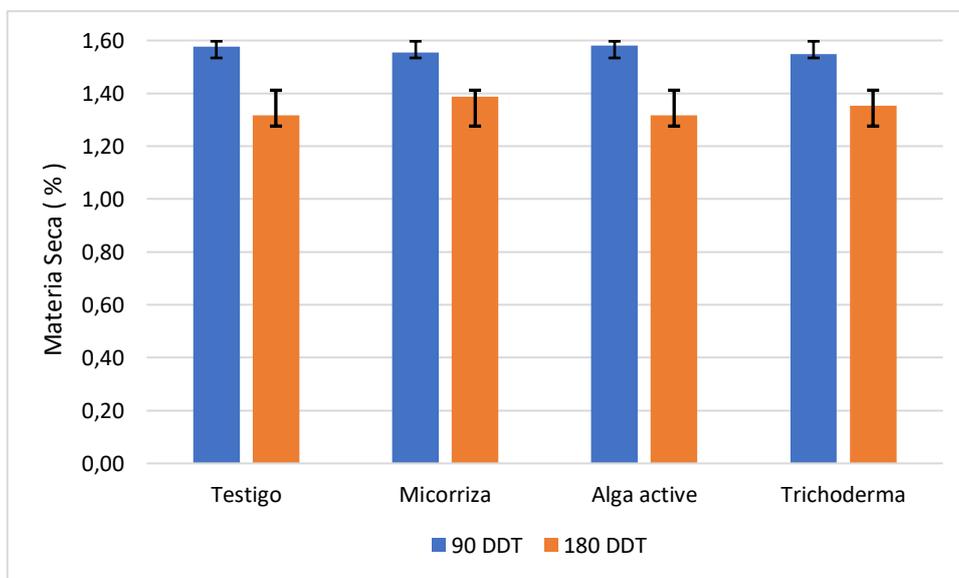


Figura 5. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en materia seca de plántulas de Café a los 90 y 180 días después del tratamiento.

En la figura 5 se evidencia que no existe diferencia significativa entre los tratamientos tanto a los 90 DDT ($pvalue = 0,44; p > 0,05$), tampoco a los 180 DDT ($pvalue = 0,74; p > 0,05$); sin embargo, los tratamientos testigo y alga active lograron un mayor porcentaje en materia seca durante el primer momento de evaluación; los menores valores presentaron micorriza y *Trichoderma*. En el segundo momento de evaluación (180 días después del tratamiento) el tratamiento micorriza obtuvo el mayor promedio; por lo contrario, los tratamientos testigo y alga active obtuvieron los promedios más bajos.

6.2.2. Longitud de raíz.

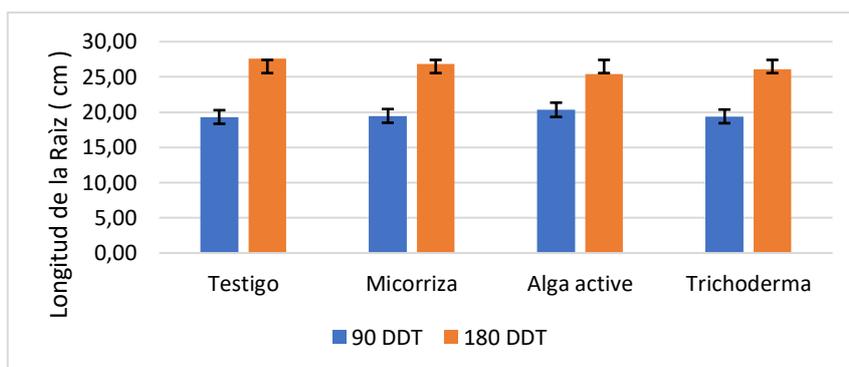


Figura 6. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en la longitud de raíz de plántulas de Café a los 90 y 180 días después del tratamiento.

En la figura 6 se muestra la longitud de raíz a los 90 y 180 DDT. No se encontraron diferencias significativas en los dos momentos ($pvalue = 0,95; p > 0,05$); ($pvalue = 0,87; p > 0,05$) respectivamente. Durante el primer momento de evaluación, alga active logró un mayor crecimiento en cuanto a la longitud de raíz, seguido de micorrizas; mientras que, el menor valor presentó el tratamiento testigo. Sin embargo, en el segundo momento de evaluación, el tratamiento testigo presentó la mayor longitud registrada y el valor más bajo se obtuvo al aplicar alga active.

6.2.3. Volumen de raíz.

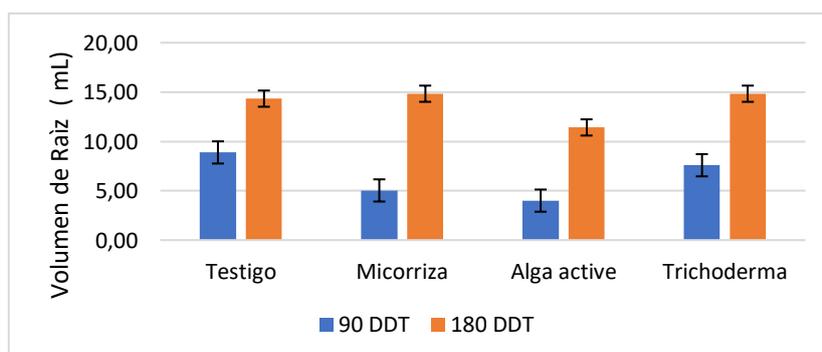


Figura 7. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en el volumen de raíz de plántulas de Café a los 90 y 180 días después del tratamiento.

En la figura 7 se presenta el volumen de raíz a los 90 y 180 DDT. No se encontraron diferencias significativas en los dos momentos ($pvalue = 0,48; 0,91$ respectivamente; $p > 0,05$). El tratamiento que obtuvo un mayor volumen fue el testigo; mientras que, el que obtuvo el valor más bajo fue alga active, estos resultados se observaron durante el primer momento; no obstante, al segundo momento, los tratamientos testigo, micorriza y *Trichoderma* presentaron el mayor promedio, sin embargo, el tratamiento que obtuvo el menor valor fue alga active.

6.2.4. Contenido Relativo de Agua.

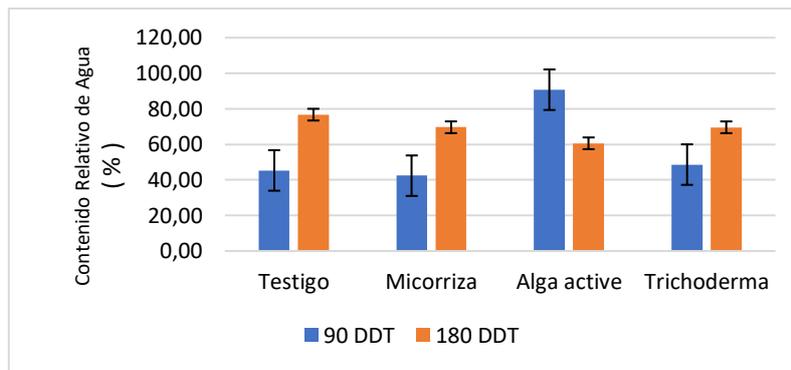


Figura 8. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en el contenido relativo de agua en plántulas de Café a los 90 y 180 días después del tratamiento.

En la figura 8 muestra el contenido relativo de agua a los 90 y 180 DDT. No se encontraron diferencias significativas en los dos momentos ($pvalue = 0,29; 0,67$ respectivamente; $p > 0,05$). La aplicación directa de alga active incrementó el contenido relativo de agua en hojas; mientras que, con la aplicación de micorrizas este porcentaje disminuyó, lo cual se determinó en el primer momento. Sin embargo, durante en el segundo momento, el tratamiento testigo obtuvo los mejores resultados, por lo contrario, el tratamiento que obtuvo el menor valor fue alga active.

6.2.5. Contenido de Clorofila.

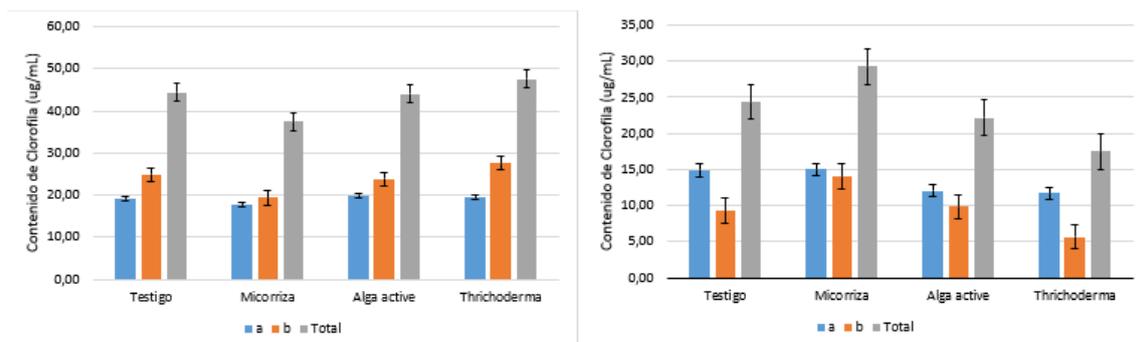


Figura 9. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en el contenido de clorofila en plántulas de Café a los 90 y 180 días después del tratamiento.

Durante el primer momento, no se encontró diferencias estadísticamente significativas tanto para contenido de clorofila A, B y Total ($pvalue = 0,86; 0,70; 0,75$; respectivamente; $p > 0,05$); sin embargo, para el contenido de clorofila A, tanto alga active y *Trichoderma* obtuvieron los mejores promedios; para contenido de clorofila B y Total, con la aplicación directa de *Trichoderma* incrementó el contenido de clorofila. Mientras que los valores más bajos en clorofila A, B y Total se obtuvo con la aplicación de micorrizas, estos resultados se observaron en el primer momento (Figura 9).

De la misma forma, durante el segundo momento de evaluación, no se encontraron diferencias significativas para contenido de clorofila A, B y Total ($pvalue = 0,61; 0,21; 0,39$; respectivamente; $p > 0,05$); sin embargo, con la aplicación de micorrizas la concentración de pigmentos fue mayor tanto para contenido de clorofila b y total (Figura 9).

6.2.6. Conductancia estomática.

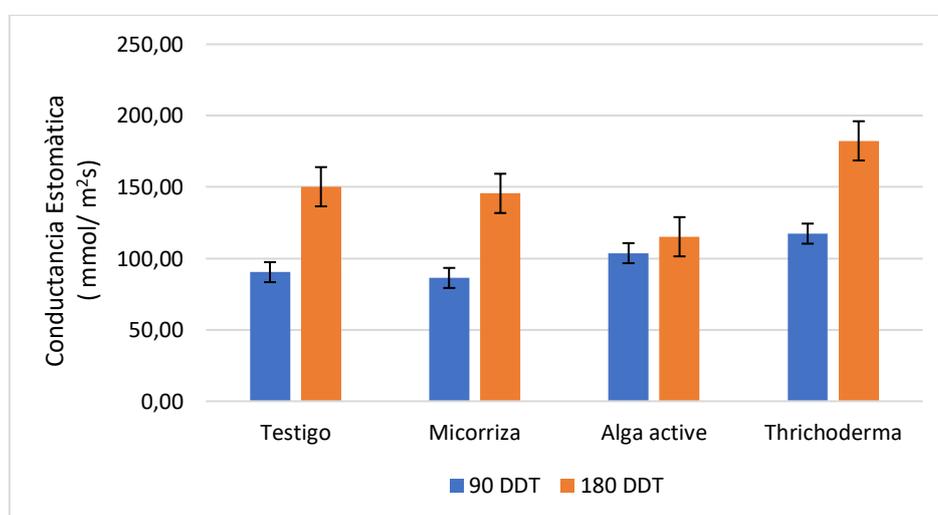


Figura 10. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en conductancia estomática en plántulas de Café a los 90 y 180 días después del tratamiento.

En la figura 10 se muestra la conductancia estomática a los 90 y 180 DDT. No se encontraron diferencias significativas en los dos momentos ($pvalue = 0,74; 0,06$; respectivamente; $p > 0,05$). La aplicación directa de *Trichoderma* mejoró sustancialmente la conductancia estomática en las plantas de café, en todos los casos los valores fueron superiores ante los demás tratamientos Sin embargo, donde se aplicó micorriza y alga active en los dos momentos de evaluación (90 y 180 días después del tratamiento) ambos presentaron los valores más bajos (figura 10).

6.2.7. Densidad e Índice estomático.

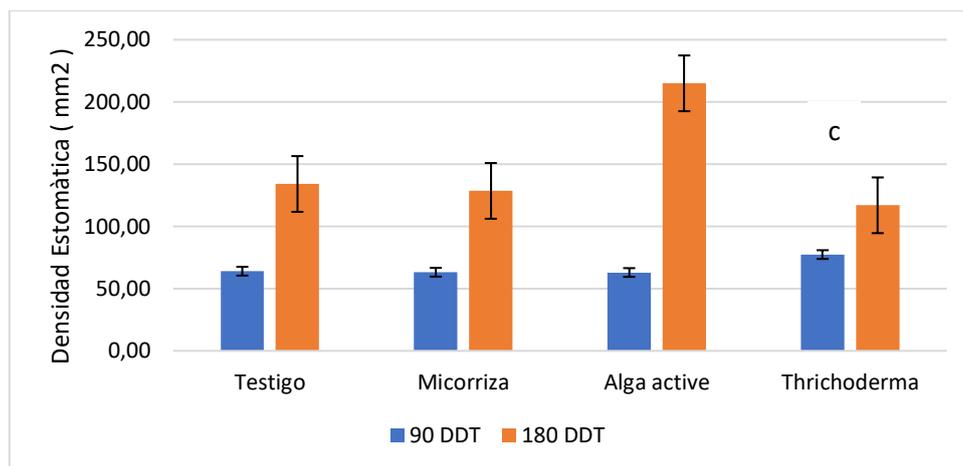


Figura 11. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en densidad estomática en plántulas de Café a los 90 y 180 días después del tratamiento.

En la figura 11 se muestra la densidad estomática a los 90 y 180 DDT. No se encontraron diferencias significativas en los dos momentos. Con la aplicación directa de *Trichoderma* se incrementó el número de estomas, seguido del tratamiento testigo, lo cual se observa en el primer momento. Sin embargo, en el segundo momento, alga active obtuvo el mayor promedio.

En cuanto al índice estomático, no se graficaron los resultados, debido a que no presentan diferencias significativas en los dos momentos.

7. Discusión

Actualmente, la población mundial se incrementando, lo cual requiere aumentar la producción de cultivos ([Oerke & Dehne, 2004](#)), evidenciándose un excesivo uso de productos químicos provocando varios problemas ambientales, como desequilibrios en el ecosistema, pérdida de fertilidad del suelo y deterioro de la vida marina; además también causan varios problemas dañinos y graves en la salud de los humanos y los animales provocando cánceres graves, trastornos neurológicos, trastornos hormonales y problemas reproductivos ([Chengala & Singh, 2017](#)).

Al analizar los resultados que se obtuvieron en cuanto a las variables morfológicas, se observó que en todos los casos el desarrollo fue uniforme, con una línea de tendencia creciente durante el tiempo del experimento, sin embargo, se identificó que el tratamiento testigo obtuvo los mejores resultados en altura, diámetro del tallo y área foliar, lo cual coincide con los resultados de Valverde Lucio *et al.*, ([2020](#)) en donde también supera el tratamiento testigo a los demás bioestimulantes. Sin embargo, los tratamientos que consiguieron un mayor número de hojas fueron micorrizas y *Trichoderma*, por lo contrario, los tratamientos testigo y alga active obtuvieron el menor número de hojas, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Bone & Cotera, ([2022](#)) quien menciona que el bioestimulante Micorriza (Ecomic) supera a los demás tratamientos con un promedio de 13,49.

Arcila Pulgarín, ([2007](#)) menciona que en los cultivos anuales se considera como fase vegetativa el tiempo transcurrido desde la germinación hasta la primera floración. En el caso de especies perennes y arbustivas como el cafeto, la definición de la fase vegetativa es bastante compleja, debido a que el crecimiento vegetativo, por ejemplo, la formación de nudos y hojas y la generación de nuevas raíces, ocurre durante toda la vida de la planta y en la mayor parte del tiempo está intercalado con el crecimiento reproductivo. Además, el agua constituye el principal factor limitante del crecimiento de las plantas en la tierra, actuando como una fuerza selectiva de primer grado para la evolución y distribución de las especies vegetales ([Hanson, 1982](#)), no obstante, se debe tomar en cuenta los diversos factores que influyen durante el crecimiento del cultivo como: temperatura, humedad, precipitación, entre otros.

Shahrajabian *et al.*, (2021) menciona que los bioestimulantes son una clase diversa de compuestos que incluyen sustancias o microorganismos que tienen un impacto positivo en el crecimiento de las plantas, el rendimiento y la composición química, así como también aumentan los efectos de la tolerancia al estrés biótico y abiótico. Según su composición y los resultados esperados, los bioestimulantes pueden aplicarse al suelo o a las hojas (Kunicki *et al.*, 2010).

De forma general, los bioestimulantes pueden actuar directamente sobre la fisiología y el metabolismo de las plantas al mejorar las condiciones del suelo (Bulgari *et al.*, 2015; Caradonia, 2018). Son capaces de modificar algunos procesos moleculares que permiten mejorar la eficiencia del uso de agua y nutrientes de los cultivos, estimular el desarrollo de las plantas y contrarrestar el estrés abiótico (Van Oosten *et al.*, 2017) al mejorar el metabolismo primario y secundario (Caradonia, 2018; Nardi *et al.*, 2009; Yakhin *et al.*, 2017). Además, es importante comprender que, a mayor tiempo, mejor se expresa la respuesta del bioestimulante en la planta de café en la etapa de vivero (Valverde-Lucio *et al.*, 2020).

En cuanto a materia seca, se observó que a los 90 DDT no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, a los 180 DDT, con la aplicación directa de micorrizas se incrementa el porcentaje de materia seca, seguido de *Trichoderma*; sin embargo, entre los tratamientos Testigo y Alga active no existe un efecto significativo; dichos resultados concuerdan por lo descrito por Valverde Lucio *et al.*, (2020) quien menciona que al aplicar micorrizas tiene un gran efecto significativo en comparación a los demás tratamientos; de la misma forma en el trabajo realizado por Parillo & Del, (2016) menciona que al aplicar dosis bajas de micorrizas aumenta el contenido de materia seca, pero estos resultados se los puede evidenciar desde el segundo año.

A los 90 DDT y con la aplicación de alga active se obtuvo los valores más altos en contenido relativo de agua y longitud de raíz; mientras que, a los 180 DDT, el testigo obtiene el mayor promedio en las variables mencionadas anteriormente. Estos resultados coinciden con Ruiz (2017) en donde menciona que al aplicar 2,5 ml de *Ascophyllum nodosum* presenta la mayor longitud radicular a los 30 y 60 días después de la siembra con 9 y 17 cm respectivamente; (Zermeño Gonzalez *et al.*, 2015) expresan que las algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) tienen un efecto positivo sobre la actividad biológica (respiración y movilización de nitrógeno) del suelo ya que promueve la diversidad microbiana, creando así un medio ambiente adecuado para el crecimiento de la raíz;

además de ser utilizado como biofertilizantes estos constituyen materiales naturales que incrementan el crecimiento de la planta, rendimiento y mejora la calidad de los cultivos ([Méndez, 2014](#)). Los resultados del CRA coinciden con ([Perez et al., 2021](#)), sin embargo, encontraron resultados positivos en las fases de diferenciación, estimulación y cuajado del grano respecto al testigo, representando una alternativa ecológica viable con influencia favorable en la floración, maduración y un aumento del rendimiento hasta 74 %.

Se observó un efecto significativo con la aplicación de *Trichoderma* en contenido de clorofila a los 90 DDT; mientras que, a los 180 DDT se obtuvo una mayor concentración con la aplicación de micorrizas, estos resultados coinciden con Del aguila *et al.*, ([2018](#)) en donde menciona que al aplicar la especie *Rhizoglosum intraradices* en invernadero muestra un efecto beneficioso sobre el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plántulas de café.

Para volumen de raíz obtuvo el mayor promedio el testigo a los 90 DDT; mientras que, a los 180 DDT no se evidencia un efecto significativo entre los tratamientos micorrizas y *Trichoderma*. Castro y Rivillas ([2012](#)) mencionan que al aplicar *Trichoderma* las raíces frecuentemente aumentan en crecimiento y desarrollo, además de incrementar la productividad del cultivo y resistencia a estrés abiótico; además, se ha demostrado que la productividad de un cultivo en el campo puede incrementarse en más del 300% después de la aplicación de *T. hamatum* o *T. koningii*. De la misma forma, los resultados obtenidos en la investigación concuerdan con Del aguila *et al.*, ([2018](#)) en donde 7 meses después de la inoculación de micorrizas se presentan mejor las características anatómicas del cultivo en condiciones de vivero.

Con la aplicación directa de *Trichoderma* a los 90 DDT en conductancia y densidad estomática se determinó que la concentración y número de estomas es mayor a diferencia de los demás tratamientos; sin embargo, a los 180 DDT, se observó que al aplicar *Trichoderma* y alga activa se obtienen los mejores resultados tanto en conductancia y densidad estomática. Uno de los principales factores que afectan al incremento de la densidad estomática es la luz, Encalada *et al.*, ([2016](#)) menciona que la densidad estomática fue mayor en el tratamiento de 100 % de luz, diferenciándose significativamente de los demás. Machado *et al.*, ([2015](#)) menciona que una mayor densidad estomática puede permitir un aumento en la conductancia de los gases, por lo contrario, su disminución puede reducir el intercambio de gases y limitar la asimilación

de CO para la fotosíntesis, debido que se reduce el área de transpiración. De modo general, los estomas del cafeto responden fuertemente a la demanda evaporativa de la atmósfera, lo cual se traduce en una reducción significativa de la conductancia estomática (g_s) en la medida en que el aire se torne más seco ([Barros et al., 1997](#); [DaMatta & Ramalho., 2006](#); [Gutiérrez et al., 1994](#)).

Los principales efectos fisiológicos que promueven los bioestimulantes ocurren después de su entrada en los tejidos y células vegetales, donde estos compuestos están involucrados en el metabolismo, la señalización y la regulación hormonal del crecimiento y desarrollo de la planta ([Parađiković et al., 2019](#)).

Entre diversas enmiendas biológicas, [Abbott et al., \(2018\)](#) señalaron bioestimulantes a base de aminoácidos, quitosano, extractos de algas y sustancias húmicas. Los extractos de algas marinas son la fuente de diversos compuestos, como lípidos, proteínas, carbohidratos, fitohormonas, aminoácidos, osmoprotectores, compuestos antimicrobianos y minerales, que pueden tener efectos bioestimulantes cuando se aplican como suplementos para el crecimiento de las plantas.

[Aitken y Senn \(1965\)](#), afirma que la mayoría de las algas marinas son fuentes excelentes de los principales elementos fertilizantes; N, P y K, así como muchos elementos requeridos en cantidades mínimas para el crecimiento normal de las plantas. Se encontró que los fertilizantes de algas marinas son superiores a los fertilizantes químicos porque el alto nivel de materia orgánica ayuda a retener la humedad y los minerales disponibles para las raíces en el nivel superior del suelo. La composición química de las algas difiere notablemente de la de las plantas terrestres. [Abalde et al., \(1995\)](#) sostiene que en general, las plantas terrestres son rígidas debido a la gran cantidad de celulosa que contienen; sin embargo, las algas contienen sólo un 5% de celulosa y adquieren su fuerza mecánica del ácido algínico. El reservorio de alimentos en la mayoría de las plantas terrestres es principalmente almidón, mientras que en las algas marinas es laminarina, el manitol toma el lugar de los azúcares en las algas marinas, además de contener 32 elementos incluyendo las vitaminas A, B, C5 y D. [Moreira y Ferraz \(2021\)](#) mencionan que tanto la harina de algas marinas como el extracto de algas marinas tuvieron un efecto estimulante en la mayoría de los casos de respiración del tejido foliar de *Coffea arabica*.

Trichoderma spp. contienen más de 200 especies cosmopolitas, que en su mayoría parasitan a otros hongos en todo el mundo ([Atanasova et al., 2013](#)), además de utilizarlo

para el control biológico de fitopatógenos. La colonización de las plantas por *Trichoderma* aumenta la resistencia de las plantas a los estreses bióticos y abióticos a través de la intensificación de la ramificación de las raíces, la absorción de nutrientes y, en consecuencia, el crecimiento y el rendimiento de las plantas ([López-Bucio et al., 2015](#)).

Al analizar a *Trichoderma* como bioestimulante, Woo et al., ([2022](#)) menciona que es un género de hongos ascomicetos cosmopolita y oportunista que incluye especies de interés para la agricultura como agentes de control biológico directo de fitopatógenos. *Trichoderma* utiliza el antagonismo y la competencia directos, particularmente en la rizosfera, donde modula la composición y las interacciones con otros microorganismos. En su colonización de plantas, en las raíces o como endófito, *Trichoderma* ha desarrollado la capacidad de comunicarse con la planta y producir numerosos beneficios multifacéticos para su huésped ([Kashyap et al., 2017](#)). Además, se ha demostrado que las cepas competentes en la rizosfera tienen efectos directos en las plantas, aumentando su potencial de crecimiento y absorción de nutrientes, la eficiencia en el uso de fertilizantes, el porcentaje y la tasa de germinación de semillas y la estimulación de las defensas de las plantas contra el daño biótico y abiótico ([Shoresh et al., 2010](#)).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) pertenecen al subfilo *Glomeromycotina*. Son biótrosos obligados asexuales que necesitan un huésped inespecífico para completar su ciclo de vida. Los HMA establecen una simbiosis mutualista con las finas raíces de la mayoría de las especies de plantas terrestres, incluidos cultivos económicamente importantes ([Avio et al., 2013](#)). Los HMA no solo modifican la reacción de una planta a los cambios ambientales dinámicos, sino que también modulan su metaboloma a través de diferentes vías, afectando la biosíntesis de fitoquímicos que son cruciales para la salud humana ([Sbrana et al., 2014](#)).

Por lo general los HMA estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas y la composición bioquímica de los cultivos de diferentes maneras ([Szczalba et al., 2019](#)). El beneficio nutricional directo es la liberación de nutrientes absorbidos por los hongos a la interfaz simbiótica donde están disponibles para el transporte interno de la planta. La ruta de las micorrizas puede cubrir hasta el 100 % de las necesidades de P de la planta, mientras que la absorción de carbono de los HMA está en el rango del 5 al 20 % de los fotosintatos del huésped ([Jakobsen & Hammer, 2015](#)).

Varios trabajos realizados por ([Baum et al., 2015](#); [Smith & Read, 2010](#); [S. E. Smith & F. A. Smith, 2011](#)) mencionan que han utilizado los HMA como una herramienta para mejorar la tolerancia a la sequía en vegetales, árboles frutales y flores, actuando a través de una mayor capacidad del sistema de raíces a través de 'micorrizosferas', es decir, las hifas que se extienden más allá de las raíces y tienen acceso a agua y recursos minerales no disponible para los pelos radiculares. Las plantas inoculadas por este hongo a menudo se caracterizan por tasas más altas de transpiración expresadas por una mayor conductancia estomática, ([Augé et al., 2016](#)). La simbiosis de micorrizas provoca tasas más altas de intercambio de gases necesarias para satisfacer las necesidades de carbono del simbionte fúngico. Tales modificaciones metabólicas podrían resultar en mayores tasas fotosintéticas y productividad de los cultivos ([Augé et al., 2015](#)).

Además, HMA y *Trichoderma* brindan beneficios no relacionados con la calidad y cantidad del rendimiento de los cultivos, incluida una mejor estructura del suelo, mayor biodiversidad del microbioma del suelo, secuestro de carbono en el suelo, tolerancia al estrés biótico y abiótico, etc ([F. A. Smith & S. E. Smith, 2011](#)).

8. Conclusiones

- Al final del experimento el tratamiento que obtuvo los mejores promedios en cuanto a variables morfológicas fue el tratamiento testigo en altura de la planta, diámetro del tallo y área foliar.
- Es importante aclarar que, para la variable de número de hojas, el tratamiento Micorriza y *Trichoderma* obtuvo el mayor promedio, a diferencia de los tratamientos Testigo y Alga active.
- Tras el análisis de las variables fisiológicas a los 90 DDT, el tratamiento testigo obtuvo el mayor promedio en cuanto a volumen de raíz; para contenido relativo de agua y longitud de raíz, al aplicar alga active se obtuvieron los mejores resultados.
- A los 90 DDT el tratamiento con *Trichoderma* obtuvo los mejores promedios en las variables de contenido de clorofila, conductancia estomática y densidad estomática.
- A partir del análisis de las variables fisiológicas a los 180 DDT, el tratamiento Testigo obtuvo el mayor promedio en contenido relativo de agua y longitud de raíz; el tratamiento Micorriza obtuvo los mejores promedios en materia seca y contenido de clorofila; el tratamiento *Trichoderma* obtuvo el mejor promedio en conductancia estomática; el tratamiento Alga active presenta el mejor promedio en densidad estomática.
- Para la variable de índice estomático, no hay diferencia significativa en los dos momentos.

9. Recomendaciones

- Incentivar al desarrollo de trabajos investigativos en café, especialmente en la búsqueda de nuevas alternativas para incrementar la productividad del cultivo en campo.
- Realizar un análisis de suelo y verificar en laboratorio que los tratamientos se encuentren inoculados en el sustrato.
- Desinfectar con la dosis correcta de Terracloro y utilizar los diferentes accesorios de bioseguridad para la aplicación del producto.
- Tener cuidado al manipular las plántulas al momento del transplante.
- Realizar las labores fitosanitarias adecuadas con el fin de mantener limpio el cultivo.
- El tiempo que se evaluó en invernadero fue el adecuado, sin embargo, se pueden evidenciar mejores resultados a lo largo del ciclo de vida del cultivo, por lo que se recomienda su continua investigación una vez instalado en campo.

10. Bibliografía

- Abalde, J., Cid, A., Fidalgo Paredes, P., Torres, E., & Herrero, C. (1995). Microalgas: cultivo y aplicaciones.
- Abbott, L., Macdonald, L., Wong, M., Webb, M., Jenkins, S., & Farrell, M. (2018). Potential roles of biological amendments for profitable grain production—A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 256, 34-50.
- Acosta. (2021). *Micorrizas: què son y tipos*. <https://www.ecologiaverde.com/micorrizas-que-son-y-tipos-2498.html>
- Aitken, J., & Senn, T. (1965). Seaweed products as a fertilizer and soil conditioner for horticultural crops.
- Albarran, J., Bertrand, B., Lartaud, M., & Etienne, H. (2005). Cycle characteristics in a temporary immersion bioreactor affect regeneration, morphology, water and mineral status of coffee (*Coffea arabica*) somatic embryos. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 81(1), 27-36.
- Anacafe. (2018). *Historia del Cafè*. Retrieved 05/18 from <https://www.anacafe.org/conozcanos/historia>
- Antunes, W. C., Pompelli, M. F., Carretero, D. M., & DaMatta, F. M. (2008). Allometric models for non-destructive leaf area estimation in coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*). *Annals of applied biology*, 153(1), 33-40.
- Arcila, P., Buhr, L., Bleiholder, H., Hack, H., & Wicke, H. (2002). Application of the "extended BBCH-scale" for the description of the growth stages of coffee *Coffea* sp. *Annals of applied biology*.
- Arcila Pulgarín, J. (2007). Crecimiento y desarrollo de la planta de café. *Sistemas de producción de café en Colombia. CENICAFE, Chinchiná, Colombia*, 21-60.
- Aspiazu, K., & Navarro, J. (2009). *Proyecto de comercialización de café de habas (café orgánico), actuando como intermediario, para el consumo local en la ciudad de Guayaquil y como una opción de exportación* [Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Guayaquil. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/7693?s>
- how=full
- Atanasova, L., Crom, S. L., Gruber, S., Couplier, F., Seidl-Seiboth, V., Kubicek, C. P., & Druzhinina, I. S. (2013). Comparative transcriptomics reveals different strategies of Trichodermamycoparasitism. *BMC genomics*, 14(1), 1-15.
- Augé, R. M., Toler, H. D., & Saxton, A. M. (2015). Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply watered conditions: a meta-analysis. *Mycorrhiza*, 25(1), 13-24.
- Augé, R. M., Toler, H. D., & Saxton, A. M. (2016). Mycorrhizal stimulation of leaf gas exchange in relation to root colonization, shoot size, leaf phosphorus and nitrogen: a quantitative analysis of the literature using meta-regression. *Frontiers in plant science*, 7, 1084.
- Avio, L., Castaldini, M., Fabiani, A., Bedini, S., Sbrana, C., Turrini, A., & Giovannetti, M. (2013). Impact of nitrogen fertilization and soil tillage on arbuscular mycorrhizal fungal communities in a Mediterranean agroecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, 67, 285-294.
- Barragàn, D. (2008). *Aporte y descomposició n de biomasa aèrea en asociaciones agroforestales y su influencia en los cultivos de Cacao y Cafè* [Universidad Tècnica Estatal de Quevedo]. Quevedo. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3367>
- Barros, R. S., Mota, J. W. S., DaMatta, F. M., & Maestri., M. (1997). Decline of vegetative growth in *Coffea arabica* L. in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance. . *Field Crops Res*, 54, 65-72.

- Barva, & Heredia. (2011). *Guia Tècnica para el cultivo de Cafè*. <http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNICA-V10.pdf>
- Baum, C., El-Tohamy, W., & Gruda, N. (2015). Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: a review. *Scientia horticultrae*, 187, 131-141.
- Blanco, M., Madriz, J., Moraga, P., Haggar, J., & Pavòn, J. (2003). Morfología del café (*Coffea arabica* L.), en lotes comerciales . *Agronomía mesoamericana*, 14(001), 97-103. <https://doi.org/10.15517/am.v14i1.11996>
- Bone Cotera, Y. M. (2022). *Análisis del desarrollo morfológico de plántulas de Coffea arábica L. cv Catimor en condiciones de vivero con diferentes sustratos y bioestimulantes* Jipijapa. UNESUM].
- Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P., & Ferrante, A. (2015). Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture & Horticulture*, 31(1), 1-17.
- Campuzano-Duque, L. F., Herrera, J. C., Ged, C., & Blair, M. W. (2021). Bases for the Establishment of Robusta Coffee (*Coffea canephora*) as a New Crop for Colombia. *Agronomy*, 11(12), 2550.
- Caradonia, F. B., V.; Righi, L.; Pascali, G.; La Torre, A. (2018). Marco Regulatorio de Bioestimulantes Vegetales: Perspectivas en Europa y Situación Actual a Nivel Internacional. *Reglamento de crecimiento de las plantas.*, 1-11.
- Carter, T. (1989). *World Soybean Conference* Breeding for drought tolerance in soybean where do we stand?, Buenos Aires.
- Castiglione, A. M., Mannino, G., Contartese, V., Berteza, C. M., & Ertani, A. (2021). Microbial biostimulants as response to modern agriculture needs: Composition, role and application of these innovative products. *Plants*, 10(8), 1533.
- Castillo, & Cruz, D. I. (2015). *Aplicación de bioestimulantes en plantas de café (Coffea arabica L.) en vivero, en la zona del Cantón Mocache* Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Los Ríos - Quevedo. <https://repositorio.uteg.edu.ec/bitstream/43000/1562/1/T-UTEQ-0198.pdf>
- Castro, A., & Rivillas, C. (2012). *Trichoderma spp modos de acción eficacia y usos en el cultivo de café*.
- Chang, A., Baker, R., & Chang, C. (1986). Increased Growth of Plants in the Presence of the Biological Control Agent *Trichoderma harzianum*. *Plant disease*, 70, 140-148.
- Chengala, L., & Singh, N. (2017). Botanical pesticides—A major alternative to chemical pesticides: A review. *Int. J. Life Sci*, 5(4), 722-729.
- Colla, G., & Roupshael, Y. (2015). Biostimulants in horticulture. *Science horticulture*, 196, 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.10.044>
- Corecaf. (2012). *Determinación de los parámetros técnicos para plantaciones tradicionales y plantaciones tecnificadas de Cafè arábigo y robusta*. <http://www.corecaf.org/archivos/file40 Parametros Tecnicos Arabiga y Robusta.pdf>
- DaMatta, & Ramalho., J. D. C. (2006). Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Plant Physiol*, 1, 55-81.
- DaMatta, F. M., Ronchi, C. P., Maestri, M., & Barros, R. S. (2007). Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian journal of plant physiology*, 19, 485-510.
- Del Aguila, K. M., Vallejos-Torres, G., Arévalo, L. A., & Becerra, A. G. (2018). Inoculación de consorcios micorrícicos arbusculares en *Coffea arabica*, variedad Caturra en la región San Martín. *Información tecnológica*, 29(1), 137-146.
- Díaz, A., Suàrez, C., Díaz, D., & Lòpez, Y. (2016). Influencia del bioestimulante FitoMas-E sobre la producción de posturas de cafeto (*Coffea arabica* L.). *Centroagícola*, 43(4), 29-35. <https://biblat.unam.mx/hevila/Centroagricula/2016/vol43/no4/4.pdf>
- DuJardin. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Science horticulture*, 196, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

- 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.
- Escobar, M. (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 las zonas cafetealeras de Guatemala C.A.* Universidad de San Carlos de Guatemala]. Guatemala.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/6890/1/EscobarMolinaMyriamConsuelo.pdf>
- Ezziyyani, M., Sánchez, C., Ahmed, A., Requena, M., & M Candela, M. (2004). *Trichoderma harzianum* como fungicida para el control de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annum* L.). *Anales de Biología*, 26(35-45).
- Fernandez, O., & Vega, L. (2001). Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. . *Manejo Integrado de Plagas*, 96-110.
- Forum. (2019). El Café en Ecuador. *Fòrumcafé*, 2. <https://www.revistaforumcafe.com/el-cafe-en-ecuador>
- Franco, V., & Vera, B. (2018). *Respuesta de tres híbridos de Café (Sarchimor 1669, Sarchimor 4260, Catimor C1FC) a la aplicación de dos bioestimulantes orgánicos en etapa de vivero* Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Manabí.
- García, J. L. C., & García, A. T. (2022). Las micorrizas arbusculares: su valoración en el marco de la agroecología.
- García, R., Riera, R., Zambrano, C., & Gutierrez, L. (2006). Desarrollo de un fungicida biológico en bases de una cepa del hongo *Trichoderma harzianum* proveniente de la Región Andina Venezolana. *Fitosanidad*, 10(2), 115-121.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209116102005>
- González, M., Rosales, P., Castilla, Y., Lacerra, J., & Ferre, M. (2015). Efecto del Bioenraiz como estimulante de la germinación y el desarrollo de plántulas de cafeto (*Coffea arabica* L.). *Cutrop*, 36, 73-90.
- Gutiérrez, M. V., Meinzer, F. C., & Grantz., D. A. (1994). Regulation of transpiration in coffee hedgerows: Covariation of environmental variables and apparent responses of stomata to wind and humidity. *Plant Cell Environ*, 17, 1305-1313.
- Hanson, A. H., W. (1982). Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Annual Review of Plant Physiology*, 33(1), 163-203.
- Hodges. (1991). Predicting crop phenology. In (pp. 233). Costa Rica.
- Iniap. (2022). *Café robusta: producción*
- Jakobsen, I., & Hammer, E. C. (2015). Nutrient dynamics in arbuscular mycorrhizal networks. In *Mycorrhizal networks* (pp. 91-131). Springer.
- Kapoor, R. V., Wood, E. E., & Llewellyn, C. A. (2021). Algae biostimulants: A critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices. *Biotechnology Advances*, 49, 107754.
- Kashyap, P. L., Rai, P., Srivastava, A. K., & Kumar, S. (2017). Trichoderma for climate resilient agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33(8), 1-18.
- Kunicki, E., Grabowska, A., Sęka, A., & Wojciechowska, R. (2010). The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Folia Horticulturae*, 22, 9-13. <https://doi.org/10.2478/fhort-2013-0153>
- Lino, H. (2020a). *Determinación del comportamiento agronómico de cinco cultivares de café en etapa de vivero, con el uso de bioestimulantes* Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Manabí.
<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2552/1/TESISLINOQUIROZHILDAJANETH.pdf>
- Lino, H. (2020b). *Determinación del comportamiento agronómico de cinco cultivares de café en etapa de vivero, con el uso de bioestimulantes* Universidad Estatal del Sur de Manabí].

<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2552/1/TESIS%20LINO%20QUIROZ%20HILDA%20JANETH.pdf>

- López-Bucio, J., Pelagio-Flores, R., & Herrera-Estrella, A. (2015). Trichoderma as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. *Scientia horticultrae*, 196, 109-123.
- Macedo, J. R., Junior, M. J. P., Thomaziello, R. A., & Camargo, M. B. P. d. (2002). Coffee phenological stages evaluation scale. *Bragantia*, 62(3), 499-505. https://www.researchgate.net/publication/262658025_Coffee_phenological_stages_evaluation_scale
- Machado, J. L., Freitas, T., Viana, M. T. R., Matos, N. M. S. d., Botelho, C. E., & Guimarães, R. J. (2015). Diferenças nas características estomáticas de genótipos de cafeeiro.
- Malhi, G. S., Kaur, M., & Kaushik, P. (2021). Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review. *Sustainability*, 13(3), 1318.
- Méndez, G. (2014). Fertilización a base de extractos de algas marinas y su relación con la eficiencia del uso del agua y de la luz de una plantación de Vid y su efecto en el rendimiento y calidad del fruto. *Recuperada de: http://repositorio.uaaan.mx*, 8080.
- Moreira, W. L., & Ferraz-Almeida, R. (2021). Development of coffee seedlings with biostimulants.
- Mosquera, D., & Espinoza, W. (2016). *Análisis sectorial del café y elaborados y su importancia en las exportaciones ecuatorianas, periodo 2012-2016* Universidad de Guayaquil. Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/23226>
- Nardi, S., Carletti, P., Pizzeghello, D., & Muscolo, A. (2009). Biological activities of humic substances. *Biophysico-chemical processes involving natural nonliving organic matter in environmental systems*, 2(part 1), 305-339.
- Oerke, E.-C., & Dehne, H.-W. (2004). Safeguarding production—losses in major crops and the role of crop protection. *Crop protection*, 23(4), 275-285.
- Ormeño, & Ovalle. (2007). Preparación y aplicación de abonos orgánicos. *Ciencia y Producción Vegetal*, 29-31.
- Parađiković, N., Teklić, T., Zeljković, S., Lisjak, M., & Špoljarević, M. (2019). Biostimulants research in some horticultural plant species—A review. *Food and Energy Security*, 8(2), e00162.
- Parillo, Á., & Del, K. M. (2016). Efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares a plantones de Café (*Coffea arabica*), variedad Caturra a nivel de vivero en la Región San Martín.
- Pedraza, R., Teixeria, A., Escavino, I., Salamone, B., Baca, R., Azcón, V., & Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. *Corpoica Ciencia. Tecnología Agropecuaria*, 11, 155-164.
- Perez, L. (2021). *Taxonomía del Cafè*. Retrieved 05/18 from <https://idoc.pub/documents/taxonomia-del-cafedocx-d49o5vrj7049>
- Perez, R. H., Adriana, Y. C., Sancho, A. C., Chinchilla, M. V., & Subirachs, J. M. C. (2021). Influencia de un nuevo bioestimulante sobre la floración y fructificación en café (*Coffea arabica* L.). *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, 12(1), 33-40.
- Quizhpe, B. (2019). Fenología de Cafè. In (pp. 3). Perù.
- Rahn, E., Läderach, P., Baca, M., Cressy, C., Schroth, G., Malin, D., . . . Shriver, J. (2014). Climate change adaptation, mitigation and livelihood benefits in coffee production: where are the synergies? *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19(8), 1119-1137.
- Reddy, R. (2010). *Crop growth and phenology* University of Mississippi]. Mississippi.
- Rojas. (2012). Bioestimulantes. In *Fisiología Vegetal Aplicada* (pp. 153, 166, 176, 177, 213).
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. In (Vol. 11, pp. 40): Frontiers Media SA.

- Ruiz Moreira, F. A. (2017). *Evaluación del comportamiento de plantulas de café robusta Coffea canephora con la aplicación de varias dosis de Ascophyllum nodosum* Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil].
- Russo, J. (2009). *The role of the crop phenology in agricultural decision making* 94th Ecological Society of America Annual Meeting,
- Russo, R. O., & Berlyn, G. P. (1991). The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 1(2), 19-42.
- Saberian, M., Li, J., Donnoli, A., Bonderenko, E., Oliva, P., Gill, B., . . . Siddique, R. (2021). Recycling of spent coffee grounds in construction materials: A review. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125837.
- Saborío, F. (2002). Bioestimulantes en fertilización foliar. *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*, 107-126.
- Salas, J. A., Sanabria, M. E., & Pire, R. (2001). Variación en el índice y densidad estomática en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sometidas a tratamientos salinos. *Bioagro*, 13(3), 99-104.
- Sbrana, C., Avio, L., & Giovannetti, M. (2014). Beneficial mycorrhizal symbionts affecting the production of health-promoting phytochemicals. *Electrophoresis*, 35(11), 1535-1546.
- Schoebitz, M. (2006). *Aislamiento y caracterización de bacterias promotoras de crecimiento vegetal de la rizósfera de Lolium perenne L. de suelo volcánico (modelo género Azospirillum spp)* Universidad Austral de Chile]. Chile.
- Shahrajabian, M. H., Chaski, C., Polyzos, N., & Petropoulos, S. A. (2021). Biostimulants application: A low input cropping management tool for sustainable farming of vegetables. *Biomolecules*, 11(5), 698.
- Shoresh, M., Harman, G. E., & Mastouri, F. (2010). Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annual review of phytopathology*, 48(1), 21-43.
- Silva, C. A. d., Partelli, F. L., Aoyama, E. M., Bonomo, R., Vieira, H. D., Ramalho, J. C., & Ribeiro-Barros, A. I. (2021). Floral morphology of robusta coffee genotypes. *Agronomy Journal*, 113(4), 3080-3088.
- Sisalima, S. (2011). *Ruta del café y desarrollo agroturístico en el cantón Puyango- provincia de Loja* Universidad de Cuenca]. Cuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/1659/1/tur21.pdf>
- Smith, F. A., & Smith, S. E. (2011). What is the significance of the arbuscular mycorrhizal colonisation of many economically important crop plants? *Plant and Soil*, 348(1), 63-79.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2010). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic press.
- Smith, S. E., & Smith, F. A. (2011). Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales. *Annual review of plant biology*, 62, 227-250.
- Szczałba, M., Kopta, T., Gąstoł, M., & Sękara, A. (2019). Comprehensive insight into arbuscular mycorrhizal fungi, Trichoderma spp. and plant multilevel interactions with emphasis on biostimulation of horticultural crops. *Journal of applied microbiology*, 127(3), 630-647.
- Teketay, D. (1998). History, botany and ecological requirements of coffee. *Walia*, 1998(20), 28-50.
- Valverde-Lucio, Y., Moreno-Quinto, J., Quijije-Quiroz, K., Castro-Landín, A., Merchán-García, W., & Gabriel-Ortega, J. (2020). Biostimulants: An innovation in agriculture for coffee cultivation (*Coffea arabica* L). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(1), 18-28.
- Valverde, L., Moreno, J., Quijije, K., Castro, A., Merchán, W., & Ortega, J. (2020). Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arábica* L). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11, 18-28. <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.36610/j.isars.2020.110100018>
- Van der Vossen, H., Bertrand, B., & Charrier, A. (2015). Next generation variety development for sustainable production of arabica coffee (*Coffea arabica* L.): a review. *Euphytica*, 204(2), 243-256.

- Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(1), 1-12.
- Venegas, S., Orellana, D., & Pèrez, P. (2018). La realidad ecuatoriana en la producción de Café. *Revista Científica de Investigación actualización del mundo de las Ciencias*, 2, 72-91. [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.24-44](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.24-44)
- Vinale, F., Ghisalberti, E., Flematti, G., Marra, R., Lorito, M., & Sivasithamparam, K. (2012). Secondary metabolites produced by a root-inhabiting sterile fungus antagonistic towards pathogenic fungi. *Letters in Applied Microbiology*, 50, 380-385.
- Woo, S. L., Hermosa, R., Lorito, M., & Monte, E. (2022). Trichoderma: a multipurpose, plant-beneficial microorganism for eco-sustainable agriculture. *Nature Reviews Microbiology*, 1-15.
- Yakhin, O. I., Lubyanov, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in plant science*, 7, 2049.
- Zermeño Gonzalez, A., López Rodríguez, B. R., Melendres Alvarez, A. I., Ramírez Rodríguez, H., Cárdenas Palomo, J. O., & Munguía López, J. P. (2015). Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(SPE12), 2437-2446.

11. Anexos

Anexo 1. Establecimiento del cultivo de Café var Typica mejorado.



Anexo 2. Preparación y enfundado de sustrato en proporción 1:1:1 (tierra, arena de mina y turba).



Anexo 3. Desinfección de sustrato utilizando Terracloro (1gr/l).



Anexo 4. Riego de plántulas de Café var Typica mejorado.



Anexo 5. Tratamientos utilizados en el periodo de estudio.





Anexo 6. Cálculo de dosis de cada tratamiento y cronograma de evaluación.

Se aplicará 70 ml por planta de solución.

Se utilizará para cada tratamiento 4,2 L de agua.

Vaso plástico de 140 ml

Aplicación 70 ml

60 plantas* U.E

$$70 \text{ ml} * 60 \text{ plantas} = 4200 \text{ ml} : 4,2 \text{ L de agua}$$

Cada tratamiento posee tres repeticiones.

Trichoderma spp

60 plantas = 4200 ml : 4,2 l

Se aplicará 4,2 gr en 4,2 l de agua. **4,2 gr / 4,2 l de agua**

Micorrizas

250 cc 20 l de agua **52,5 cc / 4,2 l de agua**

X 4,2 l de agua = 52,5 cc

Alga activ

500 cc 200 l de agua **10,5 cc / 4,2 l de agua**

X 4,2 l de agua = 10,5 cc

RESUMEN

Aplicación		
Tratamientos	Cantidad	Solución
<i>Trichoderma spp</i>	4,2 gr	4,2 litros de agua
Micorrizas	52,5 cc	
Alga activ	10,5 cc	

Cronograma de evaluaciones

Siembra de Café: 08 de abril del 2022

- 30 días= 28 de abril del 2022 *var. Crecimiento*
- 50 días= 28 de mayo de 2022 (sábado)
- 80 días= 27 de junio de 2022 (lunes)
- **90 días= 7 de Julio _ Var. Fisiológicas, análisis destructivo**
- 120 días= 27 de julio de 2022 (miércoles)
- 150 días= 26 de agosto de 2022 (viernes)
- **180 días= 25 de septiembre de 2022 (domingo) Var. Fisiológicas, análisis destructivo**

Notas. -

- En cada fecha, primero se toma datos de las variables a evaluar y luego se aplica los tratamientos.

Anexo 7. Evaluación de la altura de la planta.



Anexo 8. Evaluación del diámetro del tallo utilizando un calibrador.



Anexo 9. Determinación del área foliar.



Anexo 10. Muestra de raíces para determinar la longitud de raíces.



Anexo 11. Procedimiento para determinar volumen de raíz.



Anexo 12. Muestras para determinar las diferentes variables fisiológicas: materia seca (%)



Anexo 13. Muestras de hojas para determinar la variable de Contenido Relativo de Agua.



Anexo 14. Procedimiento para determinar contenido de clorofila utilizando el método del espectrofotómetro.



Anexo 15. Método para determinar conductancia estomática en hojas utilizando un porómetro.



Anexo 16. Procedimiento para determinar densidad e índice estomático.



Anexo 17. Diferencia en variables morfológicas (entre tratamientos) en el periodo de estudio Abril – Septiembre 2022.

DIFERENCIAS ENTRE TRATAMIENTOS					
	Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Nº de Hojas	Àrea foliar cm2
28 de Abril	Testigo	5,41	0,10	4	40,27
	Micorrizas	4,49	0,10	4	41,42
	Alga active	3,37	0,09	4	31,53
	<i>Trichoderma</i>	4,88	0,09	4	42,31
28 de Mayo	Testigo	10,52	0,14	6	66,53
	Micorrizas	9,40	0,11	6	61,36
	Alga active	8,05	0,10	6	48,83
	<i>Trichoderma</i>	9,85	0,10	6	56,17
27 de Junio	Testigo	11,85	0,12	8	102,24
	Micorrizas	10,62	0,11	8	109,84
	Alga active	8,69	0,10	8	88,38
	<i>Trichoderma</i>	11,34	0,10	10	105,36
27 de Julio	Testigo	12,94	0,12	10	155,18
	Micorrizas	12,52	0,11	8	129,96
	Alga active	10,66	0,11	8	134,02
	<i>Trichoderma</i>	12,34	0,11	10	144,74
26 de Agosto	Testigo	15,31	0,29	10	221,15
	Micorrizas	14,53	0,27	12	220,76
	Alga active	12,39	0,25	10	196,74
	<i>Trichoderma</i>	14,66	0,27	12	199,39

Anexo 18. Promedios de las variables morfológicas obtenidas al final del periodo de estudio (Abril – Septiembre 2022).

PROMEDIOS ENTRE TRATAMIENTOS				
Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Nº de Hojas	Àrea foliar cm2
Testigo	11,21	0,15	10	117,07
Micorrizas	10,31	0,14	12	112,67
Alga active	8,63	0,13	10	99,90
<i>Trichoderma</i>	10,61	0,14	12	109,59

Anexo 19. Diferencia en variables fisiológicas (entre tratamientos) en el periodo de estudio Abril – Septiembre 2022.

Materia Seca		
Tratamiento	90 DDT	180 DDT
Testigo	1,55	1,36
Micorriza	1,54	1,38
Alga active	1,58	1,41
<i>Trichoderma</i>	1,52	1,37
Micorriza	1,54	1,22
Alga active	1,55	1,15
<i>Trichoderma</i>	1,54	1,23
Testigo	1,61	1,22
<i>Trichoderma</i>	1,58	1,46
Testigo	1,57	1,37
Micorriza	1,59	1,57
Alga active	1,62	1,39

Contenido Relativo de Agua		
Tratamiento	90 DDT	180 DDT
Testigo	52,08	76,20
Micorriza	27,86	50,96
Alga active	56,52	46,30
<i>Trichoderma</i>	64,05	64,01
Micorriza	46,83	72,05
Alga active	38,56	61,57
<i>Trichoderma</i>	47,36	66,15
Testigo	51,42	83,74
<i>Trichoderma</i>	34,47	78,67
Testigo	32,49	70,23
Micorriza	52,49	85,85
Alga active	177,14	73,91

Longitud de la Raíz		
Tratamiento	90 DDT	180 DDT
Testigo	24	22,75
Micorriza	20,65	26,5
Alga active	19,5	26,5
<i>Trichoderma</i>	15,9	22,25
Micorriza	19	29
Alga active	19,25	24,25
<i>Trichoderma</i>	20,65	23,5
Testigo	13,95	25
<i>Trichoderma</i>	21,65	32,5
Testigo	20	35
Micorriza	18,75	25
Alga active	22,25	25,5

Volumen de la Raíz		
Tratamiento	90 DDT	180 DDT
Testigo	11	8,5
Micorriza	3,75	12
Alga active	1,25	10,5
<i>Trichoderma</i>	2,6	13,5
Micorriza	0,35	14
Alga active	0,25	3,75
<i>Trichoderma</i>	6,15	4,5
Testigo	2,65	7,5
<i>Trichoderma</i>	14	26,5
Testigo	13	27
Micorriza	11	18,5
Alga active	10,5	20

Contenido de Clorofila						
	90 DDT			180 DDT		
Tratamiento	a	b	Total	a	b	Total
Testigo	20,11	26,81	47,38	15,14	13,48	28,87
Micorriza	12,23	6,12	18,49	16,62	17,73	34,67
Alga active	19,66	18,87	38,88	16,71	17,96	34,99
<i>Trichoderma</i>	18,54	21,72	40,63	15,72	9,42	25,34
Micorriza	20,41	22,95	43,77	12,03	9,65	21,87
Alga active	16,87	19,13	36,34	15,28	9,84	25,32
<i>Trichoderma</i>	23,05	39,96	63,65	13,14	4,89	18,15
Testigo	19,87	24,05	44,33	14,40	5,69	20,24
<i>Trichoderma</i>	16,68	21,15	38,19	6,21	2,64	8,92
Testigo	17,17	23,59	41,16	15,18	8,57	23,94
Micorriza	20,45	29,05	49,99	16,36	14,61	31,24
Alga active	23,04	33,27	56,86	4,27	1,77	6,08

Conductancia estomàtica		
Tratamiento	90 DDT	180 DDT
Testigo	68,1	174,5
Micorriza	93,95	179,8
Alga active	78,85	127,65
<i>Trichoderma</i>	53,85	202,1
Micorriza	60,75	135,4
Alga active	148	128,9
<i>Trichoderma</i>	88,4	162,7
Testigo	70,5	139,9
<i>Trichoderma</i>	209,85	182,2
Testigo	132,65	136,25
Micorriza	104,35	121,45
Alga active	84,3	89,05

Densidad estomàtica		
Tratamiento	90 DDT	180 DDT
Testigo	75,4	132,9
Micorriza	58,2	69,2
Alga active	74,9	91,9
<i>Trichoderma</i>	84,2	123,6
Micorriza	60,3	153,8
Alga active	63,6	140,1
<i>Trichoderma</i>	74,9	119,1
Testigo	48,9	191,3
<i>Trichoderma</i>	73	108,2
Testigo	67,7	78,1
Micorriza	71	162,6
Alga active	50,4	412,9

Ìndice estomàtico		
Tratamiento	90 DDT	180 DDT
Testigo	16,67	16,67
Micorriza	16,67	16,67
Alga active	16,67	16,67
<i>Trichoderma</i>	16,67	16,67
Micorriza	16,67	16,67
Alga active	16,67	16,67
<i>Trichoderma</i>	16,67	16,67
Testigo	16,67	16,67
<i>Trichoderma</i>	16,67	16,67
Testigo	16,67	16,67
Micorriza	16,67	16,67
Alga active	16,67	16,67

Anexo 20. Promedios de las variables fisiológicas obtenidas al final del periodo de estudio (Abril – Septiembre 2022).

Tratamiento	Contenido Relativo de Agua (%)	
	90 DDT	180 DDT
Testigo	45,33	76,72
Micorriza	42,39	69,62
Alga active	90,74	60,59
Trichoderma	48,63	69,61

Tratamiento	Materia Seca (%)	
	90 DDT	180 DDT
Testigo	1,58	1,32
Micorriza	1,55	1,39
Alga active	1,58	1,32
Trichoderma	1,55	1,35

Tratamiento	Contenido de Clorofila (nm)					
	90 DDT			180 DDT		
	a	b	Total	a	b	Total
Testigo	19,05	24,82	44,29	14,91	9,25	24,35
Micorriza	17,70	19,37	37,42	15,00	14,00	29,26
Alga active	19,86	23,76	44,03	12,09	9,86	22,13
Trichoderma	19,42	27,61	47,49	11,69	5,65	17,47

Tratamiento	Longitud (cm)	
	90 DDT	180 DDT
Testigo	19,32	27,58
Micorriza	19,47	26,83
Alga active	20,33	25,42
Trichoderma	19,40	26,08

Tratamiento	Volumen (ml)	
	90 DDT	180 DDT
Testigo	8,88	14,33
Micorriza	5,03	14,83
Alga active	4,00	11,42
Trichoderma	7,58	14,83

Tratamiento	Conductancia estomática (mmol/m2s)	
	90 DDT	180 DDT
Testigo	90,42	150,22
Micorriza	86,35	145,55
Alga active	103,72	115,20
Trichoderma	117,37	182,33

Tratamiento	Densidad Estomática (mm2)	
	90 DDT	180 DDT
Testigo	64,00	134,10
Micorriza	63,17	128,53
Alga active	62,97	214,97
Trichoderma	77,37	116,97

Tratamiento	Índice Estomático (mm2)	
	90 DDT	180 DDT
Testigo	16,67	16,67
Micorriza	16,67	16,67
Alga active	16,67	16,67
Trichoderma	16,67	16,67

Anexo 21. Análisis de varianza para las variables morfológicas de estudio y análisis de supuestos.

Altura

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura	60	0,07	0,02	25,98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	58,81	3	19,60	1,43	0,2441
Tratamiento	58,81	3	19,60	1,43	0,2441
Error	768,53	56	13,72		
Total	827,34	59			

Supuestos

Normalidad

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Altura	60	0,00	3,61	0,92	0,0019

Homogeneidad de varianzas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Altura	60	0,28	0,24	66,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	79,00	3	26,33	7,30	0,0003
Tratamiento	79,00	3	26,33	7,30	0,0003
Error	201,96	56	3,61		
Total	280,95	59			

Diámetro

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro	60	0,04	0,00	19,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	3	2,3E-03	0,84	0,4788
Tratamiento	0,01	3	2,3E-03	0,84	0,4788
Error	0,15	56	2,7E-03		
Total	0,16	59			

Supuestos

Normalidad

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Diámetro	60	0,00	0,05	0,94	0,0237

Homogeneidad de varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Diámetro	60	0,05	0,00	58,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,7E-03	3	5,6E-04	0,94	0,4290
Tratamiento	1,7E-03	3	5,6E-04	0,94	0,4290
Error	0,03	56	6,0E-04		
Total	0,04	59			

Número de hojas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº de Hojas	60	0,01	0,00	14,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,80	3	0,27	0,10	0,9571
Tratamiento	0,80	3	0,27	0,10	0,9571
Error	142,93	56	2,55		
Total	143,73	59			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Nº de Hojas	60	0,00	1,56	0,86	<0,0001

Homogeneidad de varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Nº de Hojas	60	0,23	0,19	52,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,11	3	2,70	5,52	0,0022
Tratamiento	8,11	3	2,70	5,52	0,0022
Error	27,44	56	0,49		
Total	35,55	59			

Área foliar

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Área Foliar	60	0,02	0,00	42,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7398,48	3	2466,16	0,30	0,8226
Tratamiento	7398,48	3	2466,16	0,30	0,8226
Error	454866,98	56	8122,62		
Total	462265,46	59			

Supuestos

Normalidad

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Área Foliar	60	0,00	87,80	0,92	0,0047

Homogeneidad de varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Área Foliar	60	0,06	0,01	71,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8701,31	3	2900,44	1,13	0,3466
Tratamiento	8701,31	3	2900,44	1,13	0,3466
Error	144301,97	56	2576,82		
Total	153003,28	59			

Anexo 22. Análisis de varianza para las variables morfológicas de estudio transformadas a logaritmo natural y análisis de supuestos.

Ln_Altura

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LN Altura	60	0,07	0,02	9,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,28	3	0,09	1,45	0,2379
Tratamiento	0,28	3	0,09	1,45	0,2379
Error	3,65	56	0,07		
Total	3,94	59			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO LN Altura	60	0,00	0,25	0,95	0,0827

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS LN Altura	60	0,19	0,15	73,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,27	3	0,09	4,43	0,0073
Tratamiento	0,27	3	0,09	4,43	0,0073
Error	1,13	56	0,02		
Total	1,40	59			

Ln_Diámetro del tallo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LN Diámetro	60	0,05	0,00	14,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,11	3	0,04	0,94	0,4265
Tratamiento	0,11	3	0,04	0,94	0,4265
Error	2,13	56	0,04		
Total	2,24	59			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO LN Diámetro	60	0,00	0,19	0,93	0,0090

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS LN Diámetro	60	0,05	2,3E-03	55,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	3	0,01	1,05	0,3798
Tratamiento	0,03	3	0,01	1,05	0,3798
Error	0,47	56	0,01		
Total	0,50	59			

Ln_N° de Hojas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LN N° de Hojas	60	0,01	0,00	6,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	3	4,7E-03	0,20	0,8947
Tratamiento	0,01	3	4,7E-03	0,20	0,8947
Error	1,31	56	0,02		
Total	1,32	59			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO LN N° de Hojas	60	0,00	0,15	0,88	<0,0001

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS LN N° de Hojas	60	0,24	0,20	55,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,09	3	0,03	5,98	0,0013
Tratamiento	0,09	3	0,03	5,98	0,0013
Error	0,27	56	4,8E-03		
Total	0,36	59			

Ln_Área foliar

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LN Área Foliar	60	0,04	0,00	8,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,43	3	0,14	0,78	0,5084
Tratamiento	0,43	3	0,14	0,78	0,5084
Error	10,32	56	0,18		
Total	10,75	59			

Supuestos

Normalidad

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO LN Área Foliar	60	0,00	0,42	0,97	0,4067

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS LN Área Foliar	60	0,11	0,06	64,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,34	3	0,11	2,25	0,0924
Tratamiento	0,34	3	0,11	2,25	0,0924
Error	2,79	56	0,05		
Total	3,12	59			

Anexo 23. Análisis de la prueba Durbin Watson para variables morfológicas mediante software Statgraphics.

Altura

Diámetro del Tallo

Regresión Simple - Altura vs. Tratamiento

Variable dependiente: Altura
 Variable independiente: Tratamiento
 Lineal: $Y = a + b \cdot X$
 Número de observaciones: 60

Coefficiente de Correlación = -0,157226
 R-cuadrada = 2,47199 por ciento
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 0,790477 por ciento
 Error estándar del est. = 0,256658
 Error absoluto medio = 0,193824
 Estadístico Durbin-Watson = 0,846907 (P=0,0000)
 Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,540903

Regresión Simple - Diámetro vs. Tratamiento

Variable dependiente: Diámetro
 Variable independiente: Tratamiento
 Lineal: $Y = a + b \cdot X$
 Número de observaciones: 60

Coefficiente de Correlación = -0,152186
 R-cuadrada = 2,31606 por ciento
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 0,631857 por ciento
 Error estándar del est. = 0,194965
 Error absoluto medio = 0,169693
 Estadístico Durbin-Watson = 1,44778 (P=0,0100)
 Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,265105

Número de Hojas

Regresión Simple - N° de Hojas vs. Tratamiento

Variable dependiente: N° de Hojas
 Variable independiente: Tratamiento
 Lineal: $Y = a + b \cdot X$
 Número de observaciones: 60

Coefficiente de Correlación = -0,0902034
 R-cuadrada = 0,813666 por ciento
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = -0,896443 por ciento
 Error estándar del est. = 0,148987
 Error absoluto medio = 0,124498
 Estadístico Durbin-Watson = 1,10556 (P=0,0001)
 Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,437481

Anexo 24. Análisis de varianza para las variables fisiológicas de estudio.

Materia Seca

90 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90 DDT	24	0,12	0,00	2,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,9E-03	3	1,3E-03	0,92	0,4497
Tratamiento	3,9E-03	3	1,3E-03	0,92	0,4497
Error	0,03	20	1,4E-03		
Total	0,03	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO 90 DDT	24	0,00	0,04	0,94	0,4721

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS 90 DDT	24	0,04	0,00	70,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,1E-04	3	1,0E-04	0,26	0,8564
Tratamiento	3,1E-04	3	1,0E-04	0,26	0,8564
Error	0,01	20	4,1E-04		
Total	0,01	23			

180 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
180 DDT	24	0,06	0,00	8,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	3	0,01	0,46	0,7139
Tratamiento	0,02	3	0,01	0,46	0,7139
Error	0,29	20	0,01		
Total	0,31	23			

Supuestos

Normalidad

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO 180 DDT	24	0,00	0,11	0,92	0,1414

Homogeneidad de varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS 180 DDT	24	0,14	0,01	61,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	3	3,7E-03	1,11	0,3701
Tratamiento	0,01	3	3,7E-03	1,11	0,3701
Error	0,07	20	3,3E-03		
Total	0,08	23			

Contenido relativo de agua

90 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90 DDT	24	0,17	0,04	85,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9348,54	3	3116,18	1,33	0,2918
Tratamiento	9348,54	3	3116,18	1,33	0,2918
Error	46767,54	20	2338,38		
Total	56116,08	23			

Supuestos

Normalidad

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO 90 DDT	24	0,00	45,09	0,75	<0,0001

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS 90 DDT	24	0,31	0,20	124,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9374,36	3	3124,79	2,97	0,0566
Tratamiento	9374,36	3	3124,79	2,97	0,0566
Error	21069,18	20	1053,46		
Total	30443,55	23			

180 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
180 DDT	24	0,07	0,00	32,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	785,41	3	261,80	0,52	0,6717
Tratamiento	785,41	3	261,80	0,52	0,6717
Error	10019,58	20	500,98		
Total	10804,99	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO 180 DDT	24	0,00	20,87	0,89	0,0328

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS 180 DDT	24	0,17	0,04	91,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	754,06	3	251,35	1,32	0,2952
Tratamiento	754,06	3	251,35	1,32	0,2952
Error	3804,05	20	190,20		
Total	4558,11	23			

Longitud de Raíz

90 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90 DDT	24	0,02	0,00	17,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,03	3	1,34	0,11	0,9542
Tratamiento	4,03	3	1,34	0,11	0,9542
Error	247,98	20	12,40		
Total	252,01	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO 90 DDT	24	0,00	3,28	0,94	0,4528

Homogeneidad de varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS 90 DDT	24	0,12	0,00	65,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,45	3	2,82	0,90	0,4582
Tratamiento	8,45	3	2,82	0,90	0,4582
Error	62,57	20	3,13		
Total	71,03	23			

180 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
180 DDT	24	0,03	0,00	17,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15,78	3	5,26	0,24	0,8701
Tratamiento	15,78	3	5,26	0,24	0,8701
Error	445,46	20	22,27		
Total	461,24	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO 180 DDT	24	0,00	4,40	0,96	0,7033

Homogeneidad de varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS 180 DDT	24	0,27	0,16	81,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51,12	3	17,04	2,42	0,0961
Tratamiento	51,12	3	17,04	2,42	0,0961
Error	140,84	20	7,04		
Total	191,96	23			

Volumen de Raíz

90 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90 DDT	24	0,12	0,00	88,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	91,16	3	30,39	0,95	0,4370
Tratamiento	91,16	3	30,39	0,95	0,4370
Error	642,13	20	32,11		
Total	733,29	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO 90 DDT	24	0,00	5,28	0,89	0,0431

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS 90 DDT	24	0,08	0,00	56,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,82	3	3,94	0,59	0,6259
Tratamiento	11,82	3	3,94	0,59	0,6259
Error	132,54	20	6,63		
Total	144,36	23			

180 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
180 DDT	24	0,03	0,00	65,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	43,78	3	14,59	0,18	0,9110
Tratamiento	43,78	3	14,59	0,18	0,9110
Error	1653,21	20	82,66		
Total	1696,99	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO 180 DDT	24	0,00	8,48	0,87	0,0104

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS 180 DDT	24	0,19	0,07	41,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	47,79	3	15,93	1,57	0,2269
Tratamiento	47,79	3	15,93	1,57	0,2269
Error	202,41	20	10,12		
Total	250,20	23			

Conductancia Estomática

90 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90 DDT	24	0,06	0,00	53,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3554,53	3	1184,84	0,42	0,7417
Tratamiento	3554,53	3	1184,84	0,42	0,7417
Error	56624,63	20	2831,23		
Total	60179,16	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO 90 DDT	24	0,00	49,62	0,94	0,3734

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS 90 DDT	24	0,26	0,14	69,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5124,01	3	1708,00	2,29	0,1091
Tratamiento	5124,01	3	1708,00	2,29	0,1091
Error	14902,96	20	745,15		
Total	20026,96	23			

180 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
180 DDT	24	0,30	0,19	27,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13590,67	3	4530,22	2,81	0,0655
Tratamiento	13590,67	3	4530,22	2,81	0,0655
Error	32191,74	20	1609,59		
Total	45782,41	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO 180 DDT	24	0,00	37,41	0,91	0,1317

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS 180 DDT	24	0,24	0,13	66,67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2552,84	3	850,95	2,12	0,1291
Tratamiento	2552,84	3	850,95	2,12	0,1291
Error	8010,89	20	400,54		
Total	10563,73	23			

Densidad Estomática

90 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90 DDT	24	0,10	0,00	29,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	884,21	3	294,74	0,75	0,5356
Tratamiento	884,21	3	294,74	0,75	0,5356
Error	7867,94	20	393,40		
Total	8752,15	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO 90 DDT	24	0,00	18,50	0,95	0,5635

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS 90 DDT	24	0,04	0,00	65,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	78,43	3	26,14	0,26	0,8550
Tratamiento	78,43	3	26,14	0,26	0,8550
Error	2029,71	20	101,49		
Total	2108,14	23			

180 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
180 DDT	24	0,10	0,00	87,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36108,70	3	12036,23	0,70	0,5604
Tratamiento	36108,70	3	12036,23	0,70	0,5604
Error	341604,90	20	17080,25		
Total	377713,60	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO 180 DDT	24	0,00	121,87	0,71	<0,0001

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS 180 DDT	24	0,37	0,28	126,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	85939,19	3	28646,40	3,92	0,0237
Tratamiento	85939,19	3	28646,40	3,92	0,0237
Error	146099,60	20	7304,98		
Total	232038,79	23			

Contenido de Clorofila

Contenido de clorofila A

90 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
a 90	24	0,04	0,00	24,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15,61	3	5,20	0,25	0,8609
Tratamiento	15,61	3	5,20	0,25	0,8609
Error	417,65	20	20,88		
Total	433,26	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO a 90	24	0,00	4,26	0,89	0,0270

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS a 90	24	0,05	0,00	45,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,52	3	1,17	0,38	0,7660
Tratamiento	3,52	3	1,17	0,38	0,7660
Error	61,13	20	3,06		
Total	64,65	23			

180 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
a 180	24	0,08	0,00	41,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	56,89	3	18,96	0,61	0,6193
Tratamiento	56,89	3	18,96	0,61	0,6193
Error	626,68	20	31,33		
Total	683,57	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO a 180	24	0,00	5,22	0,87	0,0115

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS a 180	24	0,18	0,06	66,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36,15	3	12,05	1,51	0,2425
Tratamiento	36,15	3	12,05	1,51	0,2425
Error	159,57	20	7,98		
Total	195,72	23			

Contenido de Clorofila B

90 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
b 90	24	0,07	0,00	50,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	210,60	3	70,20	0,48	0,7026
Tratamiento	210,60	3	70,20	0,48	0,7026
Error	2950,53	20	147,53		
Total	3161,12	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO b 90	24	0,00	11,33	0,91	0,0944

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS b 90	24	0,06	0,00	58,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	37,91	3	12,64	0,39	0,7592
Tratamiento	37,91	3	12,64	0,39	0,7592
Error	642,67	20	32,13		
Total	680,58	23			

180 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
b 180	24	0,20	0,08	67,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	210,74	3	70,25	1,62	0,2156
Tratamiento	210,74	3	70,25	1,62	0,2156
Error	865,53	20	43,28		
Total	1076,27	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO b 180	24	0,00	6,13	0,97	0,9181

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS b 180	24	0,18	0,06	71,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	53,25	3	17,75	1,45	0,2574
Tratamiento	53,25	3	17,75	1,45	0,2574
Error	244,35	20	12,22		
Total	297,59	23			

Contenido Total de Clorofila

90 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Total	90	24	0,06	0,00 37,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	322,12	3	107,37	0,40	0,7550
Tratamiento	322,12	3	107,37	0,40	0,7550
Error	5378,52	20	268,93		
Total	5700,63	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)	
RDUO Total	90	24	0,00	15,29	0,90	0,0484

Homogeneidad de varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Total	90	24	0,08	0,00 56,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	92,62	3	30,87	0,56	0,6471
Tratamiento	92,62	3	30,87	0,56	0,6471
Error	1101,23	20	55,06		
Total	1193,85	23			

180 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Total	180	24	0,13	0,01 50,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	431,89	3	143,96	1,04	0,3964
Tratamiento	431,89	3	143,96	1,04	0,3964
Error	2768,97	20	138,45		
Total	3200,87	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)	
RDUO Total	180	24	0,00	10,97	0,94	0,3926

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Total	180	24	0,16	0,04 69,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	146,03	3	48,68	1,28	0,3070
Tratamiento	146,03	3	48,68	1,28	0,3070
Error	758,10	20	37,90		
Total	904,13	23			

Anexo 24. Análisis de varianza para las variables fisiológicas de estudio transformadas a logaritmo natural y análisis de supuestos.

Ln_Contenido relativo de agua

90 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LN 90 DDT	24	0,15	0,02	14,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,13	3	0,38	1,19	0,3397
Tratamiento	1,13	3	0,38	1,19	0,3397
Error	6,33	20	0,32		
Total	7,46	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO LN 90 DDT	24	0,00	0,52	0,98	0,9743

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS LN 90 DDT	24	0,10	0,00	81,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,25	3	0,08	0,75	0,5329
Tratamiento	0,25	3	0,08	0,75	0,5329
Error	2,18	20	0,11		
Total	2,42	23			

180 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LN 180 DDT	24	0,08	0,00	12,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,47	3	0,16	0,59	0,6313
Tratamiento	0,47	3	0,16	0,59	0,6313
Error	5,32	20	0,27		
Total	5,79	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO LN 180 DDT	24	0,00	0,48	0,78	<0,0001

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS LN 180 DDT	24	0,27	0,16	99,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,75	3	0,25	2,43	0,0953
Tratamiento	0,75	3	0,25	2,43	0,0953
Error	2,07	20	0,10		
Total	2,83	23			

Volumen de Raíz

90 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LN 90 DDT	24	0,11	0,00	195,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,21	3	2,74	0,84	0,4896
Tratamiento	8,21	3	2,74	0,84	0,4896
Error	65,38	20	3,27		
Total	73,59	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO LN 90 DDT	24	0,00	1,69	0,87	0,0060

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS LN 90 DDT	24	0,14	0,02	56,34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,23	3	0,74	1,13	0,3618
Tratamiento	2,23	3	0,74	1,13	0,3618
Error	13,21	20	0,66		
Total	15,44	23			

180 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LN 180 DDT	24	0,03	0,00	32,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,40	3	0,13	0,22	0,8819
Tratamiento	0,40	3	0,13	0,22	0,8819
Error	12,12	20	0,61		
Total	12,52	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO LN 180 DDT	24	0,00	0,73	0,88	0,0141

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS LN 180 DDT	24	0,10	0,00	47,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,21	3	0,07	0,73	0,5459
Tratamiento	0,21	3	0,07	0,73	0,5459
Error	1,88	20	0,09		
Total	2,08	23			

Densidad Estomática

180 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LN 180 DDT	24	0,05	0,00	11,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,31	3	0,10	0,36	0,7815
Tratamiento	0,31	3	0,10	0,36	0,7815
Error	5,72	20	0,29		
Total	6,03	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO LN 180 DDT	24	0,00	0,50	0,95	0,5568

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS LN 180 DDT	24	0,21	0,09	98,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,61	3	0,20	1,79	0,1816
Tratamiento	0,61	3	0,20	1,79	0,1816
Error	2,28	20	0,11		
Total	2,89	23			

Contenido de Clorofila

Contenido de clorofila A

90 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LN a 90	24	0,05	0,00	8,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,06	3	0,02	0,33	0,8031
Tratamiento	0,06	3	0,02	0,33	0,8031
Error	1,30	20	0,06		
Total	1,36	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO LN a 90	24	0,00	0,24	0,91	0,1238

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS LN a 90	24	0,06	0,00	57,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	3	0,01	0,42	0,7411
Tratamiento	0,02	3	0,01	0,42	0,7411
Error	0,27	20	0,01		
Total	0,29	23			

180 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LN a 180	24	0,08	0,00	21,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,48	3	0,16	0,56	0,6483
Tratamiento	0,48	3	0,16	0,56	0,6483
Error	5,68	20	0,28		
Total	6,15	23			

Supuestos

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO LN a 180	24	0,00	0,50	0,83	<0,0001

Homogeneidad de Varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS LN a 180	24	0,27	0,16	58,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,43	3	0,14	2,51	0,0880
Tratamiento	0,43	3	0,14	2,51	0,0880
Error	1,15	20	0,06		
Total	1,58	23			

Contenido Total de Clorofila

90 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LN Total	90	24	0,07	0,00 11,89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,27	3	0,09	0,48	0,7027
Tratamiento	0,27	3	0,09	0,48	0,7027
Error	3,85	20	0,19		
Total	4,12	23			

Supuestos

Normalidad

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO LN Total	90	24	0,00	0,41	0,90

Homogeneidad de varianzas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS LN Total	90	24	0,12	0,00 64,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,13	3	0,04	0,87	0,4711
Tratamiento	0,13	3	0,04	0,87	0,4711
Error	0,97	20	0,05		
Total	1,09	23			

Anexo 25. Análisis de la prueba Durbin Watson para variables fisiológicas mediante software Statgraphics.

Volumen de Raíz

90 DDT

Regresión Simple - 90 DDT vs. Tratamiento

Variable dependiente: 90 DDT
Variable independiente: Tratamiento
Lineal: $Y = a + b \cdot X$
Número de observaciones: 24

Coefficiente de Correlación = **-0,165859**
R-cuadrada = **2,75093** por ciento
R-cuadrado (ajustado para g.l.) = **-1,66948** por ciento
Error estándar del est. = **1,80173**
Error absoluto medio = **1,53725**
Estadístico Durbin-Watson = **1,58311** (P=**0,1011**)
Autocorrelación de residuos en retraso 1 = **0,173009**

180 DDT

Regresión Simple - 180 DDT vs. Tratamiento

Variable dependiente: 180 DDT
Variable independiente: Tratamiento
Lineal: $Y = a + b \cdot X$
Número de observaciones: 24

Coefficiente de Correlación = **-0,0699496**
R-cuadrada = **0,489295** por ciento
R-cuadrado (ajustado para g.l.) = **-4,03392** por ciento
Error estándar del est. = **0,752171**
Error absoluto medio = **0,656556**
Estadístico Durbin-Watson = **1,74078** (P=**0,1916**)
Autocorrelación de residuos en retraso 1 = **0,0601041**

Contenido de Clorofila

Contenido Total de Clorofila

90 DDT

Regresión Simple - Total_90 vs. Tratamiento

Variable dependiente: Total_90

Variable independiente: Tratamiento

Lineal: $Y = a + b \cdot X$

Número de observaciones: 24

Coefficiente de Correlación = 0,161965

R-cuadrada = 2,62327 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = -1,80294 por ciento

Error estándar del est. = 0,428066

Error absoluto medio = 0,347181

Estadístico Durbin-Watson = 1,90944 (P=0,3271)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,0251321

Anexo 26. Certificación de traducción del abstract.

Loja, 24 de enero del 2023

Lic.

Liliana Román

Licenciada en Ciencias de la Educación, mención Ingles

CERTIFICO

Que he traducido minuciosamente el resumen de trabajo de titulación denominado “**Uso de bioestimulantes para el crecimiento del Café (*Coffea arabica* var. Typica) bajo condiciones de invernadero en la Quinta Experimental Docente La Argelia**”, de autoría del Sr. David Alfonso Carrión Salinas con cédula de identidad Nro. 1105871295, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, autorizando al interesado, hacer uso del presente en lo que estime conveniente.

Atentamente



Lic. Liliana Román

LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN INGLÉS

C.I. 0704442532

Cel: 0988532407