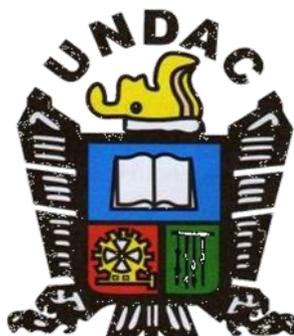


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Efecto del bioestimulante a base de microalgas en el crecimiento vegetativo de plantas de café (*Coffea arabica* L.) Var. Catimor en etapa de vivero en condiciones de Perene – Chanchamayo

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autores:

Bach. Anderson Joel MERCEDES OSCCO

Bach. Leo ROJAS PEREZ

Asesor:

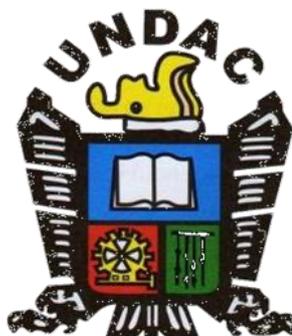
Mg. Karina Jessica MARMOLEJO GUTARRA

La Merced – Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Efecto del bioestimulante a base de microalgas en el crecimiento vegetativo de plantas de café (*Coffea arabica* L.) Var. Catimor en etapa de vivero en condiciones de Perene – Chanchamayo

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Antonio HUANES TOVAR
PRESIDENTE

Mg. Carlos RODRÍGUEZ HERRERA
MIEMBRO

Mg. José Hernán RODRÍGUEZ HUATAY
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 0116-2024/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
MERCEDES OSCCO, Anderson Joel y ROJAS PEREZ, Leo

Escuela de Formación Profesional
Agronomía – La Merced

Tipo de trabajo
Tesis

Efecto del bioestimulante a base de microalgas en el crecimiento vegetativo de plantas de café (*Coffea arabica* L.) Var. Catimor en etapa de vivero en condiciones de Perene - Chanchamayo

Asesor
Mg. MARMOLEJO GUTARRA, Karina Jessica

Índice de similitud
14%

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 17 de noviembre de 2024



Firmado digitalmente por HILANES
TOLUÑO Luis Antonio FAU
20154605D46.pdf
Módulo: Soy el autor del documento
Fecha: 17.11.2024 17:38:05 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

c.c. Archivo
LHT/UIFCCAA

DEDICATORIA

Dedico este logro a mis padres, cuyo respaldo constante ha sido el cimiento de mi perseverancia y éxito. Extiendo mi profunda gratitud a mis docentes, quienes han impartido su vasto conocimiento y principios éticos, fundamentales en mi desarrollo profesional. A mis hermanos, agradezco su inquebrantable confianza y apoyo, pilares de mi crecimiento personal y profesional.

Anderson

A mis Padres por su apoyo incondicional y a mis hermanos por la confianza depositada en mi persona.

Leo

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo de investigación, quiero comenzar por agradecer a mi alma mater la “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión”, por haberme brindado la formación académica a lo largo de estos años.

Asimismo, mi especial reconocimiento a mis profesores de la escuela de Agronomía filial La Merced, por compartir sus conocimientos y experiencias para orientarme en el proceso de formación con ética profesional.

A mi asesora M. Sc. Karina Jessica Marmolejo Gutarra por la ayuda incondicional y la orientación permanente para el logro de mis objetivos planteado en la tesis.

A mis queridos padres, por ser un ejemplo de amor incondicional y estar conmigo siempre serán mi fortaleza para recuperarme y retomar mis metas.

RESUMEN

En el presente estudio, se determinó el efecto de la aplicación de bioestimulantes a base de microalgas en plántulas de café de la variedad Catimor en un vivero en Perené, Chanchamayo. La instalación del experimento fue bajo un diseño completamente al azar DCA con 4 tratamientos y 10 plantas por unidad experimental haciendo un total de 40 plantas por muestra de una población total de 600 plantas. Se observó que, a los 120 días después del repique, las plántulas tratadas con bioestimulantes mostraron un 100% de sobrevivencia y los tratamientos T3 y T2, con dosis de 100 ml/20l y 50 ml/20l respectivamente, lograron las alturas más significativas de 28.88 cm y 27.15 cm. Aunque los tratamientos con mayores dosis como el T4 (150 ml/20l) también mostraron un aumento en la altura, los resultados indicaron que dosis más moderadas son más efectivas para promover el crecimiento robusto. El diámetro del tallo y las variables longitud y ancho de las hojas también mejoraron bajo el tratamiento con bioestimulantes, destacando los beneficios de optimizar las dosis para cada variable de crecimiento. Sin embargo, la longitud de las raíces fue mayor en las dosis más bajas de T2 (50 ml/20l) y el testigo, sugiriendo un posible efecto inhibitor de dosis más altas en el desarrollo radicular. Estos resultados demuestran la importancia de calibrar la dosis de bioestimulantes para maximizar el desarrollo vegetativo, radicular y resistencia de las plántulas a condiciones adversas una vez trasplantadas al campo definitivo. En conclusión, los bioestimulantes a base de microalgas presentan un potencial considerable para mejorar la calidad y el rendimiento de las plántulas de café en viveros, con la condición de ajustar cuidadosamente la dosificación aplicada.

Palabra clave: Vivero, bioestimulante, microalgas, variedad.

ABSTRACT

In the current study, the effect of applying microalgae-based biostimulants on coffee seedlings of the Catimor variety in a nursery in Perené, Chanchamayo, was determined. The experiment was set up under a completely randomized design (CRD) with 4 treatments and 10 plants per experimental unit, making a total of 40 plants per sample from a total population of 600 plants. It was observed that, 120 days after replanting, the seedlings treated with biostimulants showed 100% survival, and the T3 and T2 treatments, with doses of 100 ml/20l and 50 ml/20l respectively, achieved the most significant heights of 28.88 cm and 27.15 cm. Although treatments with higher doses like T4 (150 ml/20l) also showed an increase in height, the results indicated that more moderate doses are more effective in promoting robust growth. The stem diameter and the variables of leaf length and width also improved under biostimulant treatment, highlighting the benefits of optimizing the doses for each growth variable. However, the root length was greater in the lower doses of T2 (50 ml/20l) and the control, suggesting a possible inhibitory effect of higher doses on root development. These results demonstrate the importance of calibrating the dose of biostimulants to maximize vegetative and root development and the seedlings' resilience to adverse conditions once transplanted to the field. In conclusion, microalgae-based biostimulants present considerable potential to improve the quality and performance of coffee seedlings in nurseries, provided the dosing is carefully adjusted.

Keyword: Nursery, biostimulant, microalgae, variety.

INTRODUCCIÓN

El café es el segundo commodity más comercializado después del petróleo, siendo importante en la economía mundial. Según la Organización Internacional del Café (ICO), alrededor de 125 millones de personas dependen del café para su sustento, principalmente en países en desarrollo. La demanda de café sigue creciendo, especialmente en mercados emergentes y en países desarrollados donde el consumo de café especial y gourmet está en aumento.

Latinoamérica es responsable de más del 60% de la producción mundial. Países como Brasil, Colombia, y Honduras son algunos de los mayores productores y exportadores del mundo. En estas regiones, el café no solo es fundamental para la economía debido a las exportaciones, sino que también es parte integral de la cultura y la sociedad. Según la Asociación de Cafés Especiales de América (SCA), el café latinoamericano es muy valorado por su calidad y características únicas, lo que lo hace esencial en el mercado global del café de especialidad (Specialty Coffee Association, 2019).

Según el Ministerio de Agricultura y Riego de Perú, el café es el principal producto agrícola de exportación; se encuentra entre los diez principales productores de café a nivel mundial. Además, el café juega un papel vital en la reducción de la pobreza rural, ya que la mayoría de los productores de café son pequeños agricultores que dependen de este cultivo para su sustento (Ministerio de Agricultura y Riego, 2021). El café peruano es reconocido por su alta calidad y por ser mayoritariamente producido bajo sistemas de sombra y orgánicos, lo que lo hace atractivo en mercados internacionales que valoran el café producido de manera sostenible y ambientalmente responsable. El crecimiento del sector de cafés especiales ha permitido a Perú posicionarse como un líder en este nicho de mercado, con un impacto directo en la economía y desarrollo rural del país.

Es necesario contar con plantas de café provenientes de vivero que sean de buena calidad genética y buen manejo en vivero con plantas robustas que incidirán en

la producción en campo definitivo, en tal sentido la aplicación de bioestimulantes en etapa de vivero permite cubrir las necesidades nutricionales para su desarrollo vegetativo, ya que tienen un origen orgánico y están compuestas por diversas sustancias como ácidos húmicos, fúlvicos, hidrolizados de proteínas, extractos de algas y microorganismos que favorecen el crecimiento de las plantas (Lemus, Venegas & Pérez, 2021) ayudan a cultivos a tolerar el estrés hídrico (Jiménez et al., 2022), por otro lado, (Calvo, Nelson & Kloepper, 2014) mencionan que mejoran la absorción de nutrientes y favorecen la calidad de los frutos una vez que son aplicadas en forma foliar y edáfica.

En ese sentido la presente investigación está orientado a demostrar, que la aplicación del bioestimulante a base de microalgas influyen en la producción de plantas de café variedad Catimor, que garantizan la obtención de plantas vigorosas con características cuantitativas superiores para su trasplante a campo definitivo; que influyen en el desarrollo vegetativo en las variables altura de planta, ancho y longitud de hoja, diámetro de tallo, longitud de raíz, peso de raíz, área radicular, peso fresco de la biomasa, peso seco de la biomasa con la finalidad de que los resultados aporten a los productores del cultivo de café en la provincia de Chanchamayo.

INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
INDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	3
1.3.	Formulación del problema	3
1.3.1.	Problema general	3
1.3.2.	Problemas específicos.....	3
1.4.	Formulación de objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo general.....	4
1.4.2.	Objetivos específicos	4
1.5.	Justificación de la investigación.....	4
1.6.	Limitaciones de la investigación	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	6
2.2.	Bases teóricas – científicas	8
2.2.1.	El cultivo del café.....	8
2.2.2.	Las microalgas en el desarrollo agrícola	14

2.3.	Definición de términos básicos	16
2.4.	Formulación de hipótesis.....	18
2.4.1.	Hipótesis general	18
2.4.2.	Hipótesis específicas	18
2.5.	Identificación de variables	18
2.5.1.	Variable independiente	18
2.5.2.	Variable dependiente.....	18
2.6.	Definición de operacional de variables e indicadores	19

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	20
3.2.	Nivel de investigación.....	20
3.3.	Métodos de investigación	20
3.4.	Diseño de investigación.....	20
3.5.	Población y muestra	21
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	22
3.7.1.	Selección de las plantas de café variedad Catimor	22
3.7.2.	Evaluación de la Uniformidad Genética	22
3.7.3.	Momento de la Recolección de Semillas.....	23
3.7.4.	Procesamiento Postcosecha.....	23
3.7.5.	Procesamiento Húmedo (Método Lavado):.....	23
3.7.6.	Procesamiento Seco:.....	24
3.7.7.	Selección y Clasificación de Semillas	24
3.7.8.	Tratamientos Pre-Siembra	24
3.7.9.	Siembra en el germinadero.....	25
3.7.10.	Repique de las plantas de café de la variedad Catimor.	25
3.7.11.	Análisis de sustrato utilizado en el experimento.....	26

3.7.12. Aplicación foliar de la microalga.....	28
3.7.13. Evaluación de las plántulas de café.	28
3.8. Tratamiento estadístico.	30
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica	30

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	31
4.1.1. Lugar de Ejecución	31
4.1.2. Materiales, equipos e instrumentos.....	31
4.1.3. Croquis del experimento	32
4.1.4. Características de los Bloques Experimentales	33
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.	33
4.3. Prueba de hipótesis.....	53
4.3.1. Regla de decisión.	53
4.3.2. Prueba de hipótesis para indicadores del crecimiento vegetativo de café Var. Catimor en vivero.....	54
4.4. Discusión de resultados.	54

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de varianza para altura de planta.	33
Tabla 2. Prueba de significación de Duncan, para altura de planta.	34
Tabla 3. Análisis de varianza para diámetro de tallo.	36
Tabla 4. Prueba de significación de Duncan para diámetro de tallo.	37
Tabla 5. Análisis de varianza para longitud de hoja.	38
Tabla 6. Prueba de significación de Duncan para longitud de hoja.	39
Tabla 7. Análisis de varianza para ancho de la hoja.	40
Tabla 8. Prueba de significación de Duncan, para ancho de hoja.	41
Tabla 9. Análisis de varianza para peso de la biomasa.	43
Tabla 10. Prueba de significación de Duncan, para peso de biomasa.	44
Tabla 11. Análisis de varianza para longitud de raíz.	45
Tabla 12. Prueba de significación de Duncan, para longitud de raíz.	46
Tabla 13. Análisis de varianza para área radicular.	47
Tabla 14. Prueba de significación de Duncan, para area radicular.	48
Tabla 15. Análisis de varianza para área foliar.	49
Tabla 16. Prueba de significación de Duncan para área foliar.	50
Tabla 17. Análisis de varianza para peso de la biomasa seca.	51
Tabla 18. Prueba de significación de Duncan para peso de la biomasa seca.	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Identificación de las plantas madre de la variedad Catimor donadora de semilla.	23
Figura 2 Cosecha de cerezos de la variedad Catimor.	24
Figura 3 Siembra de las semillas seleccionadas en el germinadora de arena lavada	25
Figura 4 Selección de plántulas y repicado de las plantas de café variedad Catimor.	26
Figura 5 Altura de planta.	34
Figura 6 Diámetro de tallo.	37
Figura 7 Longitud de hoja.....	39
Figura 8 Ancho de hoja.	42
Figura 9 Peso de biomasa fresca.....	44
Figura 10 Longitud de raíz.	46
Figura 11 Área radicular.....	48
Figura 12 Área foliar.....	50
Figura 13 Biomasa seca.....	52

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Uno de los grandes problemas agronómicos a los que se enfrenta el mundo es el uso excesivo de agroquímicos o fertilizantes sintéticos, con los que no se han obtenido mayores rendimientos en los cultivos (Grageda - Cabrera et al., 2011, p. 134).

En la región Junín la producción del café es principalmente al mercado extranjero, el presidente de la Cámara Peruana de Café y Cacao, Saldaña (2017) indica que, "El 95% de café peruano se exporta. Desde los años 50, el Perú exporta constantemente y no hay stock de que no se venda. El café tiene mercado y muy buena aceptación en el extranjero" (p. 123). Lo cual está en incremento de las parcelas productivas de los cafetales orgánicos requiriendo cada año plantones de buena conformación y vigorosos para sus plantaciones a campo definitivo, siendo estos de procedencia orgánica; pero aún se está aplicando practicas convencionales que están causando efectos al ambiente y salud de los cafetaleros. Entre los problemas ambientales se destaca la degradación ecológica que ha llevado a la existencia de afectación en los océanos, eutrofización de aguas subterráneas, baja fertilidad del suelo y disminución de la biodiversidad (Kohler y Triebkorn, 2013, p. 10). En la salud

humana, se ha evidenciado que el uso de agroquímicos tiene un efecto en las personas involucradas en el proceso productivo quienes los aplican como a las personas que viven en zonas cercanas a la aplicación (Vargas, 2015, p. 78). Además, los fertilizantes nitrogenados han elevado su precio en el mercado aumentando los costos de producción y disminuyendo la rentabilidad de los cultivos (Grageda-Cabrera et al., 2018, p. 26).

En el vivero las dosis más frecuentes de fertilizantes varían de 0.48 a 0.60 g de N y K₂O, y de 0.60 a 0.96 g de P₂O₅ por bolsa (Arizaleta et al., 2002, p. 62). En campo la respuesta predominante de la planta es al nitrógeno y potasio (Carvajal, 1984, p. 53), y en vivero, al nitrógeno y el fósforo (Malavolta, 2000, p. 73). El hecho de que el 40% de la fertilización del café sea con Nitrógeno es grave y delicado desde el punto de vista ambiental, porque la contaminación de nitratos de las aguas está muy extendida y a niveles peligrosos en el mundo. Una de las principales razones de la contaminación por fertilizantes de síntesis química es debida a la aplicación excesiva y al hecho de que los cultivos lo usan en forma ineficiente. El fertilizante que no es usado por el cultivo termina en el medio ambiente, en las aguas de superficie o en aguas subterráneas (Cervantes et al., 2015, p. 29). Pero el uso de los bioestimulante a lo largo de los años ha mostrado grandes ventajas en la motivación y aceleración de procesos fisiológicos en las plantas cultivadas, los que consumen escasa energía no renovable y no son contaminantes del medio ambiente (Díaz y Márquez, 2011, p. 64). Por el uso de fertilizantes que llegan a contaminar el subsuelo y por la gran demanda de plantones de café vigorosos para establecimiento en campo definitivo se plantea la siguiente investigación para probar el efecto de tres dosis del bioestimulante a base de microalgas en crecimiento de plantones de café (*Coffea arábica L.*) Var. Catimor en etapa de vivero en condiciones de Perene – Chanchamayo.

1.2. Delimitación de la investigación

La presente investigación se orienta a determinar el efecto de tres dosis de un bioestimulante en crecimiento vegetativo de plantas de café (*Coffea arabica L.*) Var. Catimor en etapa de vivero en condiciones de Perene – Chanchamayo, con la finalidad de obtener plantas de buena calidad para campo abierto.

La investigación se desarrolló en:

Región : Junín
Provincia : Chanchamayo
Distrito : Perene
Lugar : La Florida
Altitud : 793 msnm.
Coordenadas : *10.836473S, -75.10803N

La presente investigación se ejecutó desde los meses de abril a marzo del 2024.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de las tres dosis del bioestimulante a base de microalgas en el crecimiento vegetativo en plantas de café (*Coffea arabica L.*) Variedad Catimor en condiciones de vivero en Perene – Chanchamayo?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuál es el efecto de las tres dosis del bioestimulante a base de microalgas en la fase de crecimiento vegetativo en plantas de café variedad Catimor en la etapa de vivero?

¿Cuál es el efecto de las tres dosis del bioestimulante a base de microalgas en el desarrollo radicular en plantas de café variedad Catimor en la etapa de vivero?

¿Cuál será el porcentaje de sobrevivencia aplicando las tres dosis del bioestimulante a base de microalgas en plantas de café variedad Catimor en la etapa de vivero

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto de tres dosis de un bioestimulante en crecimiento vegetativo de plantas de café (*Coffea arábica L.*) Var. Catimor en etapa de vivero en condiciones de Perene – Chanchamayo.

1.4.2. Objetivos específicos

Establecer el efecto de las tres dosis del bioestimulante a base de microalgas en la fase de crecimiento vegetativo en plantas de café variedad Catimor en la etapa de vivero.

Evaluar los efectos de las tres dosis de aplicación del bioestimulante a base de microalgas en el desarrollo radicular en plantas de café variedad Catimor en la etapa de vivero.

Determinar el porcentaje de sobrevivencia en las tres dosis del bioestimulante a base de microalgas en plantas de café variedad Catimor en la etapa de vivero.

1.5. Justificación de la investigación

Las técnicas básicas usadas en la agricultura orgánica son de vital importancia, entre ellas destaca el uso de los abonos orgánicos para mejorar la fertilidad de los suelos agrícolas, cuyos beneficios generan un crecimiento vigoroso de raíces, follajes, floración y fructificación lo que permite a las plantas ganar mayor resistencia contra plagas y enfermedades, además de ayudarles a una rápida recuperación después de la cosecha, esto es en el caso de plantas perennes, como frutales, y algunas especies de hortalizas, medicinales y florícolas; además los abonos orgánicos presentan un pH entre los valores de 5 a 7, el cual se puede manejar fácilmente (Garibay, 2003, p. 36).

Para la obtención de plantones vigorosos y con técnicas que sean amigables con el medio ambiente se aplican bioestimulante que al aplicarse a las plantas, son capaces de mejorar su eficacia, en absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico, abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente en el contenido de nutrientes (Du Jardín, 2015, p.14).

Estos bioproductos, están asociados a la nutrición, relaciones con el agua, estructura del suelo, pH, metales pesados y patógenos; gracias a los bioestimulantes, las plantas obtienen nutrientes capaces de reducir los impactos no deseados al medio ambiente, a la vez que aseguran que los agricultores obtengan un mayor retorno en sus inversiones. Mejoran la calidad de los cultivos: Con su uso, el cultivo tiene una mayor calidad (contenido en azúcares, color, firmeza y absorción de nutrientes), (Ormeño y Ovalle, 2007, p. 45).

Lo cual en el desarrollo experimental se utilizará tres dosis de un bioestimulante a base de microalgas para obtener plantones de café vigorosos y con buena performance para campo definitivo donde ayudará así al productor cafetalera a tener un mayor rendimiento en sus actividades productivas.

1.6. Limitaciones de la investigación

La realización del estudio no presenta limitaciones desde el ámbito financiero por que será realizada con recursos propios (autofinanciada), asimismo, los recursos humanos serán adoptados por el tesista y de ser necesario se cuenta con personal para ser contratado.

El desarrollo de la investigación se realizará en vivero ya establecido, es así que se contara con todos los materiales que requiera la puesta en marcha de la investigación.

La limitación puede darse si se presentan problemas de convulsión social, como huelgas y paros, que atenten con la integridad del personal y materiales de investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Los biofertilizantes preparados con extractos de microalgas son una alternativa sostenible en el mejoramiento, producción y protección de los cultivos agrícolas, siendo uno de los campos por explorar y más prometedores de la biotecnología y la bioingeniería. Las microalgas son microorganismos multifuncionales que poseen eficiencia fotosintética, capacidad de suministrar nitrógeno en formas disponibles para las plantas, además potencian el desarrollo de los cultivos por medio de reguladores de crecimiento o fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquinas) y a altos niveles de macro y micronutrientes, indispensables para las plantas. Estos microorganismos fotosintéticos necesitan condiciones estándar para su crecimiento que se asemejan a las de las plantas: luz, temperatura (18-28°C), pH (6-9) y nutrientes que pueden provenir de distintas fuentes tanto orgánicas (biol, compost, gallinaza) como inorgánicas (agroquímicos). Además, pueden ser cultivadas para su producción a gran escala en sistemas abiertos a la atmósfera y cerrados cumpliendo condiciones controladas, como en el caso de los fotobiorreactores. En la presente revisión se comparan los diferentes tipos de biofertilizantes, cultivos de microalgas y su producción a gran escala, se presenta una

perspectiva de la situación actual de los biofertilizantes en el mundo y un análisis de los principales retos a vencer como el costo de producción, selección y optimización de técnicas de aislamiento de cepas, diseño de biorreactores, etc. (Collahuazo y Araujo, 2019, p. 24).

Las algas han alcanzado un elevado interés por sus aplicaciones en la industria farmacéutica, en la alimentación de peces, animales y el hombre, así como en la agricultura. Tienen potencialidad como bioestimulante, biofertilizantes y se pueden aplicar de diferentes formas, foliar, enmienda de suelo e imbibición de semillas. Los bioproductos de algas contienen diferentes metabolitos, minerales y fitohormonas que estimulan el crecimiento y rendimiento de las plantas, mejoran las propiedades biológicas del suelo y aumentan la productividad en condiciones de estrés abiótico y biótico. Se pueden utilizar en la producción de diferentes cultivos como una alternativa económica lo que permite lograr una agricultura sustentable. Al utilizarlas disminuye el uso de productos químicos y protege el medio ambiente (Pérez, López y Reyes, 2020, p. 56).

Se ha demostrado que la utilización de aguas residuales para cultivar microalgas podría resolver algunos de los principales retos a los que se enfrenta la sociedad moderna como los problemas de demanda de agua dulce, el alto coste de los nutrientes y la necesidad de tratar los residuos. La introducción de la biomasa de algas en la industria de fertilizantes supone un avance en el desarrollo sostenible de la agricultura moderna y un sustituto ideal de los fertilizantes químicos por los biofertilizantes, que son verdes, saludables y no contaminan, evitando problemas cruciales como el desequilibrio de la proporción de NPK, el endurecimiento del suelo, la salinización, la reducción de nutrientes y la contaminación de las aguas subterráneas (Garrote, 2021, p. 20).

Las microalgas son organismos fotoautótrofos con un rápido crecimiento y la habilidad de adaptarse a diversos ambientes. Convierten el dióxido de

carbono en biomasa y debido a esto, se considera que tienen gran potencial biotecnológico. La biomasa algal puede usarse en la industria alimenticia y de compuestos bioactivos, en la producción de biocombustibles, en la biorremediación y biofertilización. Como biofertilizantes, las microalgas clorofitas y cianofitas, producen polisacáridos (mucílago) que pueden evitar la erosión, mejorar la estructura y el contenido de material orgánica de los suelos, y aumentar la concentración de iones en los cultivos. Reduciendo de esta forma la necesidad de fertilizantes químicos convencionales. El uso de estas microalgas como biofertilizantes se denomina algalización. Durante este proceso se usan principalmente clorofitas por su alta tasa de crecimiento, la facilidad de su cultivo a gran escala, y su adaptación a las condiciones del suelo. El género *Chlorella* es de gran interés porque diversos estudios han mostrado que puede ayudar en la fijación del nitrógeno, mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, y producir sustancias que promueven el desarrollo de la planta y el control de infecciones. Por esta razón, las microalgas del género *Chlorella* representan una alternativa viable para la biofertilización, generando beneficios no solo para la producción agrícola sino también para el medio ambiente (Ortiz, Sandoval y Solarte, 2019)

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. El cultivo del café

a. Origen

La Academia de Geografía e Historia (1986) manifiesta que la planta de café es originaria de las tierras altas de más de 1000 m.s.n.m de Etiopía y Sudán en África. Hacia los años 575 y 890, los persas y los árabes lo llevaron a Arabia y Yemen, en tanto que las tribus nativas africanas lo extendieron a Mozambique y Madagascar. De aquí los holandeses y los portugueses, entre los

años 1600 y 1700, lo trasladaron a Ceylán, posteriormente a Java y a la India, así como a otras regiones de Asia y África.

De la misma manera, la Academia de Geografía e Historia (1986) afirma que en el año 1727 fue transportado desde Sumatra a Brasil, para luego pasar al Perú y posteriormente a Paraguay y en el año 1825 hasta Hawái. Asimismo, las plantas de cafeto que llegaron a la Guyana Francesa, África Ecuatorial, Haití y Santo Domingo, fueron multiplicados en el invernadero de París. Luego se extendió a Puerto Rico y a El Salvador en 1740; a Guatemala, en 1750; a Bolivia, Ecuador y Panamá en 1784; por último, a Costa Rica, procedente de Cuba y Guatemala, entre 1796 y 1798.

b. Taxonomía

Alvarado y Rojas (1994) sostienen que la planta de cafeto tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino : Plantae
División : Magnoliophyta
Sub división : Angiospermae
Clase : Magnoliata
Sub clase : Asteridae
Orden : Rubiales
Familia : Rubiaceae
Género : Coffea
Especie(s) : arábica, canéfora, ibérica, etc.
Nombre científico : Coffea arábica L.
Coffea canephora Pierre.
Coffea ibérica
Nombres comunes : Cafeto, Planta de café, café (p. 16)

c. Morfología y fisiología del café

(Figueroa, Fisherworrying y Rosskamp, 1996, p. 16) manifiestan que las características morfológicas, fisiológicas y tecnológicas de producción en el cultivo de café, está determinado por la:

d. Morfología

La planta de cafeto es un arbusto perenne dicotiledónea de la familia rubiáceas, esta familia está conformada por aproximadamente 500 géneros y más de 6000 especies, donde la mayor parte son árboles y arbustos perennes.

El fruto del cafeto es un cerezo en forma ovoide, la cual está conformado por el epicarpio o pulpa y el mesocarpio o llamado comúnmente como mucílago el endospermo o grano y asimismo, por una película de lignina y por el embrión.

En las axilas de las hojas aparecen las yemas florales dispuestas en series, el botón de color verde varía a blanco poco antes de que la flor logre apertura.

Las flores del cafeto son hermafroditas, con pétalos de color blanco, y con olor semejante al jazmín, las flores logran aparecen en grupos de 3 ó 4 envueltas en las brácteas; el cáliz de la flor del cafeto tiene sépalos soldados entre sí, y la corola compuesta por 5 pétalos unidos en su base.

Las hojas poseen una lámina delgada, fuerte y ondulada de 12 a 24 cm. de ancho y su forma varia de elíptica a lanceolada, aparecen en su mayoría en ramas horizontales de forma opuesta en un mismo plano.

La longitud de las ramas son variables para cada variedad y se distribuyen alternadamente y opuesta en todo lo largo del tallo, asimismo, son delgadas y flexibles; en ellas se desarrollan una

serie de nudos en donde nacen las yemas que darán origen a las hojas, flores y ramas tercias o palmillas.

La planta de cafeto presenta el tallo central erecto y de crecimiento indefinido en el cual se producen tres yemas que dan origen al tallo central (eje ortotrópico), las que producen las ramas (ejes plagiotrópico) y las que dan nacimiento a las hojas.

En el tallo principal se pueden observar 6 yemas a cada lado y 5 yemas en serie, en donde la yema cabeza de la serie posteriormente se convierte en chupones de donde se formarán los nuevos tallos.

El desarrollo de la raíz principal y las raíces laterales en el transcurso de los años es como sigue:

- En el primer año, todas las raíces (principal, primarias, secundarias y pelos absorbentes) logran una profundidad de 20 a 25 cm.
- En el segundo año, el crecimiento de las raíces (principal, primarias, secundarias y pelos absorbentes) alcanzan una profundidad de 25 a 30 cm.
- En el tercer año, el crecimiento de la raíz principal logra una profundidad de 40 a 50 cm., mientras que la raíz hídrica va profundizando.

El sistema radicular de la planta se desarrolla en éstos 3 años iniciales que vienen a ser los más importantes, asimismo durante el desarrollo los elementos más importantes son: N, P, Ca, Mg y S.

El 80% de los pelos absorbentes se encuentran en los primeros 20 cm. de profundidad y su función es la de absorber agua y sustancias naturales.

Las raíces hídras llegan hasta una profundidad de 1.50 m. y son ellas las que determinan la profundidad que debe tener un suelo para utilizarlo para la producción del café y mantiene el nivel de agua en la planta en la época de descanso.

e. Variedades

(Figuerola et al, 1996, p. 48) manifiesta que las variedades de café son:

- Coffea arábica (Café arábica): Llamado “arábica”, esta variedad constituye entre el 60% y el 70% de la producción mundial.
- Coffea canephora (Café Robusta): Denominado “robusta”, constituye entre el 30% y el 40% de la producción mundial. Sin embargo, los granos tienen menos sabor que los de arábica y el doble de cafeína.

f. Requerimientos climáticos

Figuerola et al, (1996) afirman que “las plantas de café requieren de climas tropicales y subtropicales con temperaturas que varían entre 20 y 25 °C y con precipitación pluvial anual de 1,500 a 2,500 mm; asimismo, en terrenos que se encuentren en altitudes entre los 1000 a 1500 msnm. La cantidad de luz y horas de sol tiene gran influencia a mayor luminosidad la planta puede dar mayor cosecha, siempre que se encuentre bien abonado” (p. 38).

g. Condiciones edafológicas

Figuerola et al, (1996) afirman que “el factor suelo es de suma importancia en la producción del café, éste debe poseer una buena profundidad de la capa agrícola (aproximadamente de un metro) para asegurar buenas cosechas en muchas campañas. Por consiguiente, en suelos superficiales (menores a un metro) las cosechas se reducen, así como el ciclo fenológico del cafetal

necesitando lluvias o riegos más frecuentes, asimismo mayor cantidad de abono. Los terrenos planos o con ligera pendiente ofrecen mejores condiciones agrícolas que los de mayor pendiente” (p. 68).

h. Periodo vegetativo

Figuroa et al, (1996) afirman que el café es un cultivo de ciclo económico prolongado (más de 50 años), si se cultiva en condiciones de clima y suelos apropiado, acompañado de un manejo tecnificado (p. 23).

i. Propagación

Figuroa et al, (1996) afirman que la forma de propagar la planta de café en forma comercial es por semilla botánica mientras que la propagación vegetativa se utiliza solo para fines específicos, como la conservación de híbridos interespecíficos, injertos, etc. Antes de 2 meses del trasplante realizamos la poda de raíces; la poda se hace a 10 cm. de la base del tallo y a 12 cm. de profundidad y con esta labor favorecemos que se produzcan más raíces (p. 36).

- Castañeda (1997) manifiesta que en los viveros comerciales donde se propaga el café se acostumbra a sembrar durante el otoño o el invierno directamente en el vivero, esta actividad tiene las siguientes ventajas:
- *Es económica.* - Debido a que se evita el trabajo del trasplante del almacigo al vivero, en una estación en que escasea la mano de obra.
- *Se logra mayor tamaño de planta.* - Las plantas de café al pasar del almacigo al vivero interrumpen sus funciones vegetativas por algún tiempo hasta establecerse bien en el terreno (p. 29).

2.2.2. Las microalgas en el desarrollo agrícola

Basilio (2021) manifiesta que, las microalgas, usadas como bioestimulante y biofertilizantes, pueden disminuir los impactos ambientales y de salud y ser una opción más económica para los productores de cultivos como tomate, lechuga, frijol, pepino, berro y pimiento, entre otros (p. 17).

Así lo establece un nuevo análisis que reúne evidencia de los últimos 20 años sobre el desarrollo de la investigación en microalgas y su uso para la agricultura en el mundo, y destaca que estas especies producen agentes antimicrobianos útiles para el control de patógenos en cultivos y son una fuente de nutrientes que aumenta la tolerancia de las plantas frente a las sequías, contaminación y exceso de salinidad en la tierra.

Las microalgas son organismos capaces de fijar CO₂ y producir biomasa hasta con cuatro veces más eficiencia que las propias plantas. Se pueden obtener de cuerpos de agua dulce y salada y en los últimos años han sido utilizadas para purificar aguas residuales, prevenir contaminación acuática, en la acuicultura, en la industria farmacéutica y en la agricultura.

Sin embargo, pese a sus ventajas, la investigación de microalgas con fines agrícolas aún se limita a unas cuantas especies, admitió a SciDev.Net Brenda González, autora principal del estudio publicado en el World Journal of Microbiology and Biotechnology.

En América Latina, por ejemplo, se han desarrollado algunos estudios principalmente en México, Ecuador, Cuba y Colombia.

En Ecuador, por ejemplo, se ha demostrado que la especie *Spirulina platensis* es un sustrato apto para la elaboración de biofertilizantes con aplicabilidad en cultivos, sin embargo, al ser de las pocas especies investigadas en el país, su precio se eleva 25 por ciento más en la venta de mercado.

Por otro lado, en México existen alrededor de 70 especies conocidas, sin embargo, tan solo cinco han sido ampliamente estudiadas y puestas a

disposición de los consumidores. Además, el 90 por ciento del mercado pertenece a tan solo 7 empresas agroquímicas, se explica en el estudio.

Esto se debe a que uno de los problemas de producción es el “relativo” alto costo del crecimiento y mantenimiento de las microalgas en laboratorio y la poca inversión del gobierno en estos proyectos.

Además, según los expertos, aún falta personal especializado, como microbiólogos, ficólogos y agroquímicos, dispuestos a hacer investigación colaborativa en el campo de los biofertilizantes y bioestimulante en las fases de cultivo, crecimiento y cosecha de las microalgas.

Si bien no se necesitan laboratorios especiales, sí se necesita material específico, por ejemplo, tener la cepa a cultivar. “Se necesita personas que estén capacitadas y que tengan la experiencia del cultivo, de la fase de crecimiento y cosecha de las microalgas”, refiere González.

Debido a esto, solo las empresas con gran capital han podido invertir en la venta y desarrollo de los productos obtenidos, apuntó la bióloga de la Universidad Tecnológica de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Por otro lado, el biólogo Aaron Gayosso, coautor del estudio, mencionó que es urgente que los gobiernos valoren la relación costo beneficio que implica la inversión en el estudio de las microalgas. “Tal vez en un principio la producción sea cara, pero a la larga, el ahorro en pesticidas y problemas ocasionados por las enfermedades que estos provocan traerá muchos más beneficios para la economía mundial y la salud pública”, dijo a SciDev.Net. “En gran parte de los países de América Latina y el Caribe no existe una regulación del uso de microalgas para ser implementadas en la agricultura” (Pilar Sánchez Saavedra, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CISESE), México). Pilar Sánchez Saavedra, investigadora del departamento de acuicultura del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CISESE), en México, remarcó que en gran

parte de los países de América Latina y el Caribe no existe una regulación del uso de microalgas para ser implementadas en la agricultura.

Esto es problemático, detalló Sánchez, debido a que parte de los objetivos de la FAO para 2030 es acabar con el hambre y asegurar el acceso de todas las personas a una alimentación sana, nutritiva y suficiente de manera permanente, para lo cual el uso de estas especies podría ser sumamente útil. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que para 2050 la demanda de alimentos tendrá que satisfacer a más de 9.000 millones de habitantes. Según datos de la misma organización, actualmente una tercera parte de la tierra agrícola en el mundo está degradada y el 75 por ciento de la diversidad genética de los cultivos se ha perdido. Las principales causantes de esta problemática son la explotación desmedida de las tierras, el cambio abrupto de uso de suelo y el uso masivo de plaguicidas y estimulantes químicos tóxicos, lo cuáles tienen también serias repercusiones para la salud pública. Las microalgas podrían ser la respuesta a algunos de esos problemas, coinciden diversos expertos. Pero para ello se requiere implementar nuevas tecnologías e invertir en investigación y desarrollo que permitan conocer los usos que las microalgas pueden tener para la agricultura en la región, señaló Sánchez.

- Biofertilizantes y bioestimulantes a base de microalgas son beneficiosos para desarrollo agrícola.
- Microalgas pueden controlar patógenos en cultivos y ser fuente de nutrientes en las plantas.
- Por poca inversión en investigación, mercado es aún incipiente pese a sus ventajas.

2.3. Definición de términos básicos

Cafeto: planta que tiene como característica la de producir cerezos en diferente estado de maduración, la cual contiene dos semillas las cuales

después de pasar un proceso de beneficiado se tuesta y se obtiene un líquido de color negro y de aroma agradable.

Germinadero: Se le llama germinador al aparato, cámara o lugar especial que permite, bajo condiciones controladas de luminosidad, temperatura y humedad, explotar el poder germinativo de las semillas.

Vivero: Es el lugar destinado a la producción de las plantas que serán luego trasladadas al campo definitivo, dependiendo del objetivo del vivero este será temporal o permanente, se caracteriza por que en este lugar se controlarán factores como la frecuencia y el tipo de riego, luminosidad, frecuencia y tipo de fertilización y control de plagas y enfermedades.

Sustrato: Viene a ser el medio sólido o líquido diferente del suelo o tierra agrícola, en donde se puede desarrollar una planta o parte de ella, su objetivo principal es la de suministrar nutrientes que permitan el crecimiento o desarrollo de la planta hasta un determinado tamaño.

Bioestimulante: sustancias y/o microorganismos cuya función es estimular los procesos naturales que mejoran la absorción y asimilación de nutrientes, tratar el estrés abiótico o mejorar algunas de sus características agronómicas. La principal diferencia entre los bioestimulantes y los fertilizantes es que, mientras estos últimos aportan nutrientes a las plantas, la función de los primeros es mejorar los mecanismos de absorción de los nutrientes y su eficiencia, además de favorecer la tolerancia frente al estrés abiótico, que son todos aquellos factores ambientales que alteran los procesos fisiológicos de las plantas, afectando a su desarrollo.

Microalgas: Las microalgas son organismos unicelulares eucariotas fotosintéticos (2-200 μm), que pueden crecer de modo autotrófico o heterotrófico. En general son altamente eficientes en la fijación del CO_2 y utilización de la energía solar para producir biomasa, con una eficiencia hasta cuatro veces superior a la de las plantas. La importancia de las microalgas radica

en su papel como productoras primarias de la cadena trófica, que las convierte en las primeras productoras de materia orgánica. Pero sin duda lo más importante es que la utilización de bioestimulantes propicia un menor uso de fertilizantes.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La aplicación de tres dosis de un bioestimulante a base de microalgas, muestran un efecto positivo en el crecimiento vegetativo en plantas de café (*Coffea arábica* L.) variedad Catimor en la etapa de vivero en las condiciones de Perene, Chanchamayo.

2.4.2. Hipótesis específicas

Al menos una de las dosis del bioestimulante a base de microalgas, influye en la fase de crecimiento vegetativo en plantas de café variedad Catimor en la etapa de vivero.

Las dosis del bioestimulante a base de microalgas influyen en el desarrollo radicular en plantas de café variedad Catimor en la etapa de vivero.

La aplicación del bioestimulante a base de microalgas influye en el porcentaje de sobrevivencia en plantas de café variedad Catimor en la etapa de vivero.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

- Dosis del bioestimulante a base de microalgas

2.5.2. Variable dependiente.

- Crecimiento vegetativo de plantas de café en etapa de vivero.

Indicadores:

- Altura de planta
- Diámetro de tallo
- Longitud de hoja

- Ancho de la hoja
- Peso de la biomasa
- Longitud de raíz
- Ancho de la raíz
- Área foliar
- Peso de la biomasa seca

2.6. Definición de operacional de variables e indicadores

Variable	Dimensión	Indicador
Independiente: Bioestimulante a base de microalgas	Dosis	ml
Dependiente: Crecimiento de plantas de cafeto en etapa de vivero	Altura de planta	cm
	Número de hojas	Unid.
	Ancho de hoja	cm
	Longitud de hoja	cm
	diámetro de tallo	mm
	Área foliar	cm
	Peso fresco de la biomasa	g
	Peso seco de la biomasa	g
	Longitud de raíz	cm
	Área radicular	cm

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación que se realizó es de tipo aplicada, desarrollándose a nivel de vivero con el uso de microalgas que influyen en el crecimiento vegetativo del café.

3.2. Nivel de investigación

El presente trabajo es del nivel de investigación experimental.

3.3. Métodos de investigación

La presente investigación fue inductivo - deductivo.

3.4. Diseño de investigación

a) Diseño Experimental

El diseño empleado en el presente trabajo fue completamente al azar- DCA.

b) Modelo Aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es una observación cualquiera

μ = Media poblacional

t_i = Efecto aleatorio del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error experimental

c) Análisis de variancia

Al existir diferencias estadísticas en el ANVA, se realizará la prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.5$).

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada
Tratamientos	3			
Error	33			
Total	47			
S=	X=		CV=	

3.5. Población y muestra

a) Población

La población en estudio lo conforman 360 plantas de café en etapa fenológica productiva.

b) Muestra

La muestra será 10 plantas por unidad experimental, extraída de la población de 600 plantas de café en etapa de vivero.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La principal técnica que se utilizó en el desarrollo de la investigación es de observación y el principal instrumento de evaluación fue el desarrollo y crecimiento de las plantas de café a nivel de vivero.

a) Análisis de datos

El procedimiento y análisis de los datos obtenidos durante la ejecución del trabajo de investigación se realizaron mediante el análisis de variancia de los datos. En el procedimiento de los datos, los análisis estadísticos que nos permitieron estimar a la población fueron: La media, variancia, desviación estándar y coeficiente de variabilidad.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.7.1. Selección de las plantas de café variedad Catimor

La selección de plantas madre se realizó con la identificación de aquellas plantas que muestran características deseables. Los criterios de selección fueron:

- a) **Vigor y Salud General:** Las plantas deben estar libres de enfermedades y plagas, y mostrar un crecimiento vigoroso y robusto.
- b) **Historial de Producción:** Se prefieren plantas con un historial comprobado de alta productividad y calidad de fruto.
- c) **Adaptabilidad:** Las plantas que se han adaptado bien a las condiciones locales de suelo y clima son candidatas ideales.
- d) **Características del Fruto:** Tamaño uniforme y adecuado del fruto, buen contenido de azúcar, y otras características relacionadas con la calidad de la bebida.

3.7.2. Evaluación de la Uniformidad Genética

Idealmente, las plantas madre deben provenir de poblaciones con alta uniformidad genética para asegurar la consistencia en las características del cultivo. Esto es especialmente importante en programas de mejora genética donde se busca estabilidad en los rasgos deseables.

Figura 1

Identificación de las plantas madre de la variedad Catimor donadora de semilla.



3.7.3. Momento de la Recolección de Semillas

Las semillas fueron colectadas en su punto óptimo de madurez, lo cual generalmente se identifica por el cambio de color del fruto de verde a rojo cereza. Es fundamental recoger los frutos manualmente para asegurar que solo se seleccionen los que están en el estado ideal de madurez.

3.7.4. Procesamiento Postcosecha

Una vez recolectadas, las cerezas de café se procedieron a extraer las semillas.

3.7.5. Procesamiento Húmedo (Método Lavado):

Las cerezas se despulparon para remover la pulpa y luego las semillas se fermentaron y lavaron para quitar el mucílago. Este método es favorable para mejorar la uniformidad en la germinación.

Figura 2

Cosecha de cerezos de la variedad Catimor.



3.7.6. Procesamiento Seco:

Las cerezas se secan al sol con la pulpa intacta y posteriormente se descascarán mecánicamente para obtener las semillas.

3.7.7. Selección y Clasificación de Semillas

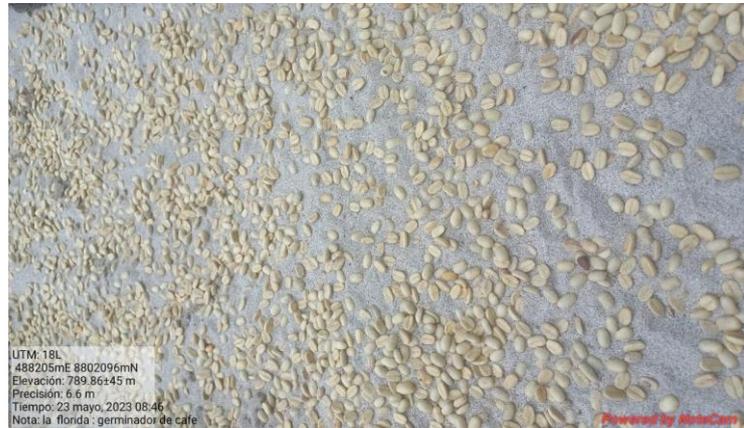
Las semillas extraídas fueron cuidadosamente seleccionadas y clasificadas. Se eliminan semillas deformes, dañadas o de tamaño inadecuado. Solo las semillas sanas y bien formadas fueron usadas para la siembra en el germinadero.

3.7.8. Tratamientos Pre-Siembra

Las semillas seleccionadas fueron tratadas con fungicidas o insecticidas para prevenir enfermedades o ataques de plagas. Además, se recomienda un remojo en agua para hidratar las semillas y favorecer una germinación uniforme.

Figura 3

Siembra de las semillas seleccionadas en el germinadora de arena lavada



3.7.9. Siembra en el germinadero

Las semillas tratadas se sembraron en el germinadero bajo condiciones adecuadas que incluyen temperatura, buena iluminación, humedad y arena. El manejo en el germinadero fue meticuloso para asegurar el buen desarrollo de las plántulas hasta que estén listas para ser embolsadas.

3.7.10. Repique de las plantas de café de la variedad Catimor.

Este proceso consistió en trasladar las plántulas que, fueron seleccionadas previamente en una bandeja de plástico, aquellas que tenían un buen sistema radicular, seguidamente fueron repicadas en bolsas individuales con la finalidad que desarrollare un sistema radicular fuerte antes de ser trasplantadas al campo definitivo.

Las plántulas se seleccionaron cuando están en chapolas y a una altura aproximada entre 10 a 15 cm antes del repique. Este tamaño asegura que las plántulas sean lo suficientemente fuertes para manejar el trasplante.

Las bolsas utilizadas fueron bolsas de polietileno color negro y tenían dimensiones adecuadas para el desarrollo del sistema radicular, generalmente de unos 15 cm de ancho por 20 cm de alto. Es importante que las bolsas tengan

buen drenaje, por lo que se deben tener perforaciones en el fondo para permitir el escurrimiento del agua.

El sustrato fue realizado a una proporción de 2:1 de tierra agrícola y compost en proporciones que aseguren tanto nutrición como buen drenaje, fue desinfectado con agua hirviendo. El pH del sustrato fue de 4.20, estando por debajo de lo recomendado para sustrato en café que oscila entre 5.5 y 6.5, que es el rango ideal para el café.

Figura 4

Selección de plántulas y repicado de las plantas de café variedad Catimor.



3.7.11. Análisis de sustrato utilizado en el experimento

El sustrato analizado en el laboratorio del INIA-Pichanaki, presentó una textura franco-arenosa, con un 67.30% de arena, 16.20% de limo y 16.50% de arcilla (textura muy suelta). Esta textura es ideal como sustrato para el café ya que facilita un excelente drenaje y una buena aireación, condiciones esenciales para el desarrollo radicular y la prevención de enfermedades asociadas al encharcamiento. La textura franco-arenosa ayuda a mantener un equilibrio entre

la retención de humedad y la facilidad de infiltración del agua, evitando así el estancamiento y promoviendo el vigor óptimo de las raíces.

El pH es 4.20 en el análisis del sustrato indica que, el suelo es extremadamente ácido. Este nivel de acidez tiene varias implicaciones importantes para el repique de café en el vivero y puede afectar tanto la disponibilidad de nutrientes como la salud de las plantas. A un pH bajo, los nutrientes esenciales como el calcio (Ca), magnesio (Mg), y fósforo (P) pueden volverse insolubles y, por lo tanto, no disponibles para las plantas. Esto puede llevar a deficiencias nutricionales que afectan el crecimiento y el desarrollo de las plántulas. El hierro (Fe) y el manganeso (Mn) pueden volverse excesivamente disponibles en un pH bajo, llegando a niveles que podrían ser tóxicos para las plantas. Además, el aluminio (Al), que es tóxico, se vuelve más soluble y puede inhibir el crecimiento de las raíces y la absorción de otros nutrientes.

Se incorporo cal agrícola (carbonato de calcio, CaCO_3) para elevar el pH del suelo. La cantidad para aplicar fue en base a la prueba de sustrato para no sobrepasar el pH deseado (generalmente entre 6.0 y 6.5 para el café).

La corrección y manejo del pH en el sustrato son fundamentales para asegurar un ambiente de crecimiento saludable para las plántulas de café, maximizando su potencial de crecimiento y reduciendo los riesgos de problemas relacionados con la acidez del suelo.

En el análisis de sustrato se observa que no hay presencia de sales, carbonatos, materia orgánica entre medio a bajo, presencia de fosforo, calcio, magnesio, potasio cambiante es bajo. Asimismo, bajo porcentaje de saturación de Aluminio, es decir sin ningún problema de aluminio, siendo clasificado como un sustrato como pobre.

3.7.12. Aplicación foliar de la microalga

Bayfolan ALGAE es un fertilizante líquido que contiene una mezcla de nutrientes esenciales y extractos de algas marinas, que es utilizado para promover el crecimiento y vigorosidad de las plantas. Este producto es especialmente valorado en la agricultura por sus propiedades bioestimulantes y nutricionales, lo que lo hace adecuado para su uso en viveros, en plántulas de café. Incluye macronutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), junto con micronutrientes esenciales como hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), y molibdeno (Mo). La presencia de extractos de algas marinas proporciona además hormonas vegetales naturales como auxinas, citoquininas y giberelinas, que son conocidas por estimular el crecimiento de las raíces y mejorar la resistencia de las plantas al estrés.

El método de aplicación fue primero al sustrato y la segunda aplicación fue a nivel foliar a los 15 días después de repicado las plántulas de café. La dosis utilizada fue 50 ml, 100 ml y 150 ml en agua de 20 litros y aplicados con la mochila fumigadora.

3.7.13. Evaluación de las plántulas de café.

Luego de iniciar las aplicaciones de microalgas de los tratamientos se realizó la evaluación de las variables de crecimiento de las plántulas de café a nivel de vivero. Las evaluaciones de las variables fueron cada 15 días.

A continuación, se explica cómo fue medido las variables agronómicas:

a) Altura de Planta

La altura se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la planta usando una regla. Es importante realizar la medición siguiendo una línea recta y asegurándose de que la planta esté en su posición natural y no inclinada.

b) Diámetro de Tallo

Se midió a una altura estandarizada desde el sustrato a 10 cm sobre el nivel del suelo usando vernier. Esta medición es importante para evaluar el crecimiento en grosor del tallo.

c) Longitud de Hoja

Se midió desde la base hasta la punta de la hoja usando una regla. Se seleccionan hojas representativas para evitar sesgos en las mediciones.

d) Ancho de la Hoja

El ancho se midió en el punto más ancho de la hoja con una regla. Al igual que con la longitud, es importante seleccionar hojas típicas de la planta.

e) Peso de la Biomasa (Fresca)

Se cortan todas las partes aéreas de la planta y se pesaron inmediatamente en una balanza de precisión para obtener el peso fresco total. Este peso incluye el contenido de agua en la planta, por lo que es sensible a la deshidratación.

f) Longitud de Raíz

La longitud de la raíz principal o de la raíz más larga se midió desde su inicio en la base del tallo hasta la punta, usando una cinta métrica.

g) Diámetro de la Raíz

El diámetro de la raíz se midió en la parte más gruesa de la raíz principal utilizando un calibrador (vernier). Esta medida puede ser importante para estudios de desarrollo radicular y absorción de nutrientes.

h) Área Foliar

El área foliar fue estimada usando un escáner con software especializado que calcula el área a partir de imágenes digitalizadas de las hojas. Alternativamente, se pueden usar métodos más manuales como el método de la cuadrícula, donde la hoja se coloca sobre una cuadrícula y se cuenta el número de cuadrados cubiertos.

i) Peso de la Biomasa seca

Después de recolectar la biomasa fresca, esta se coloca en una estufa de secado a una temperatura controlada (usualmente entre 60-80°C) hasta alcanzar peso constante. Luego se pesa para obtener el peso seco, que es útil para calcular el contenido de materia seca.

3.8. Tratamiento estadístico

N° Orden	Tratamientos	Descripción de tratamientos
1	T1	0% Testigo (Sin Tratamiento)
2	T2	Aplicación con microalga 50 ml/20l
3	T3	Aplicación con microalga 100 ml/20l
4	T4	Aplicación con microalga 150 ml/20l

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Este estudio se llevó a cabo siguiendo estrictamente las directrices éticas y epistemológicas establecidas en el estatuto de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, así como las normas que promueven las buenas prácticas científicas. La investigación se desarrolló en La Florida - Perené, asegurando en todo momento el cumplimiento de los estándares éticos requeridos tanto en la recopilación como en el análisis de los datos, garantizando así la integridad y la validez científica de los resultados obtenidos en la investigación cuantitativa.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Lugar de Ejecución

El trabajo de Investigación se realizó en La Florida, en el Fundo Santa Fe la Florida, ubicado en el Centro Poblado La Florida, Distrito Perene, Provincia de Chanchamayo y Departamento de Junín.

Ubicación Geográfica del Experimento:

Latitud Sur : -10.836473

Longitud Norte : -75.10803

Altitud : 793 msnm

4.1.2. Materiales, equipos e instrumentos.

a) Materiales de campo

- Tablero de campo
- Machete
- Cinta métrica
- Mochila fumigadora manual
- Lampa
- Balde
- Balanza de presión

4.1.4. Características de los Bloques Experimentales

Longitud del bloque	: 1.5 m
Ancho del bloque	: 0.50 m
Calles	: 0.50m
Entre plantas	: 0.15 m
Área total del experimento	: 36.00 m ²

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

Las variables evaluadas durante el proceso del trabajo de investigación en la aplicación de microalgas en el desarrollo y crecimiento de las plantas de café en la etapa de vivero en la Florida.

1. Altura de planta

Tabla 1.

Análisis de varianza para altura de planta.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F _{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamiento	3	192.86	64.29	23.19	2.88	4.42	**
Error	33	91.47	2.77				
Total	47	333.5					
S =		1.66433		\bar{x} =	27.06	C.V.=	6.15%

El análisis de varianza (Tabla 1) para altura de planta (cm) en *coffea arábica* L. variedad Catimor, indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, siendo la variable altura de la planta de café en la fase de vivero esencial para su desarrollo futuro. Factores como la genética, condiciones ambientales, nutrición adecuada, manejo del sustrato, riegos y prácticas de poda influyen significativamente en esta variable. Una altura óptima indica vigor y sanidad fundamental para el éxito del trasplante. Plántulas muy altas y delgadas pueden ser vulnerables al daño, mientras

que las cortas pueden tener un desarrollo radicular insuficiente. Controlar y ajustar estos factores es clave para promover un crecimiento saludable y prever un buen rendimiento en campo abierto.

Mostrando una media de 27.06 cm con un Coeficiente de variabilidad (C.V) de 6.15% resultados que se encuentran dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos desarrollados en vivero y según Calzada Benza considerado como un coeficiente bueno siendo homogéneo.

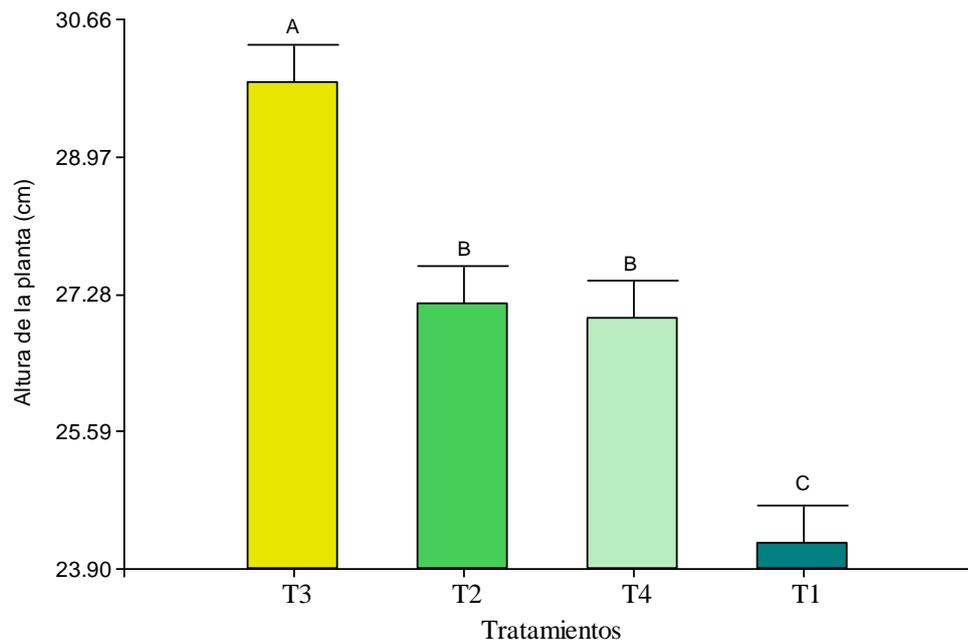
Tabla 2.

Prueba de significación de Duncan, para altura de planta.

Tratamiento	Promedio	Significación
T3	29.88	A
T2	27.15	B
T4	26.98	B
T1	24.21	C

Figura 5

Altura de planta.



En la Tabla 2 y la Figura 5, utilizando la prueba de Duncan al 5% para evaluar la altura de la planta a los 120 días, se encontró que los tratamientos con diferentes dosis de microalgas en plantas de vivero de la variedad Catimor mostraron resultados significativos. El tratamiento T3, que consistió en una fertilización foliar de 100 ml de microalgas por cada 20 litros, alcanzó la mayor altura promedio con 29.88 cm. Le siguieron el T2 con 27.15 cm y el T4 con 26.98 cm, utilizando 50 ml y 150 ml de microalgas respectivamente, mientras que el testigo (T1) registró 24.98 cm. De acuerdo con la prueba de Duncan, se identificaron tres subgrupos estadísticos distintos: el T3 en la categoría (a), el T2 y T4 en la categoría (b), y el T1 en la categoría (c), indicando diferencias estadísticas significativas en la altura de las plantas de la variedad Caturra. **Zaccaro y Maiale (2021)** investigó el impacto de las microalgas en el crecimiento de plantas jóvenes de trigo, encontrando que dosis moderadas de extracto de microalgas mejoraban significativamente la altura y biomasa de las plantas comparado con el control. Similarmente, en su estudio, el tratamiento T3 con 100 ml/200 l mostró un incremento notable en altura comparado con el control, lo que respalda la eficacia observada por Zaccaro y Maiale en otro tipo de cultivo. Por otro lado, **Li y Gao (2020)** exploraron el uso de extractos de microalgas en plantas de tomate, notando mejoras en la resistencia al estrés y la eficiencia fotosintética. Aunque su estudio se centró más en la salud y resistencia de las plantas que en la altura per se, los resultados son complementarios, ya que una mejor salud general puede correlacionarse con un crecimiento en altura como el observado en su estudio para Catimor.

2. Diámetro del tallo

Tabla 3.

Análisis de varianza para diámetro de tallo.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F _{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamiento	3	0.18	0.06	32.04	2.88	4.42	**
Error	33	0.06	0.0019				
Total	47	0.27					
S = 0.04			$\bar{x} = 0.37$		C.V.= 11.71%		

El análisis de varianza (Tabla 3) para diámetro de tallo (mm) en variedad Catimor nos indica que, existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos utilizando diferentes dosis de microalgas. Las microalgas influyen positivamente en el diámetro del tallo de las plantas al proporcionar nutrientes esenciales y fitohormonas que promueven el desarrollo celular y el engrosamiento del tallo. Estos bioestimulantes mejoran la síntesis de componentes estructurales como la celulosa y lignina, fortaleciendo los tallos y aumentando su resistencia al estrés físico y ambiental. Además, tallos más robustos soportan una mayor biomasa foliar, mejorando la fotosíntesis y la eficiencia general de la planta. En conjunto, las microalgas actúan como un potente activador del crecimiento, contribuyendo a una estructura vegetal más fuerte y saludable.

Presenta una media en altura de planta de 0.37 mm con un Coeficiente de variabilidad (C.V) de 11.71 resultado que se encuentran dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos desarrollados en vivero, según Calzada Benza es considerado como un coeficiente bueno.

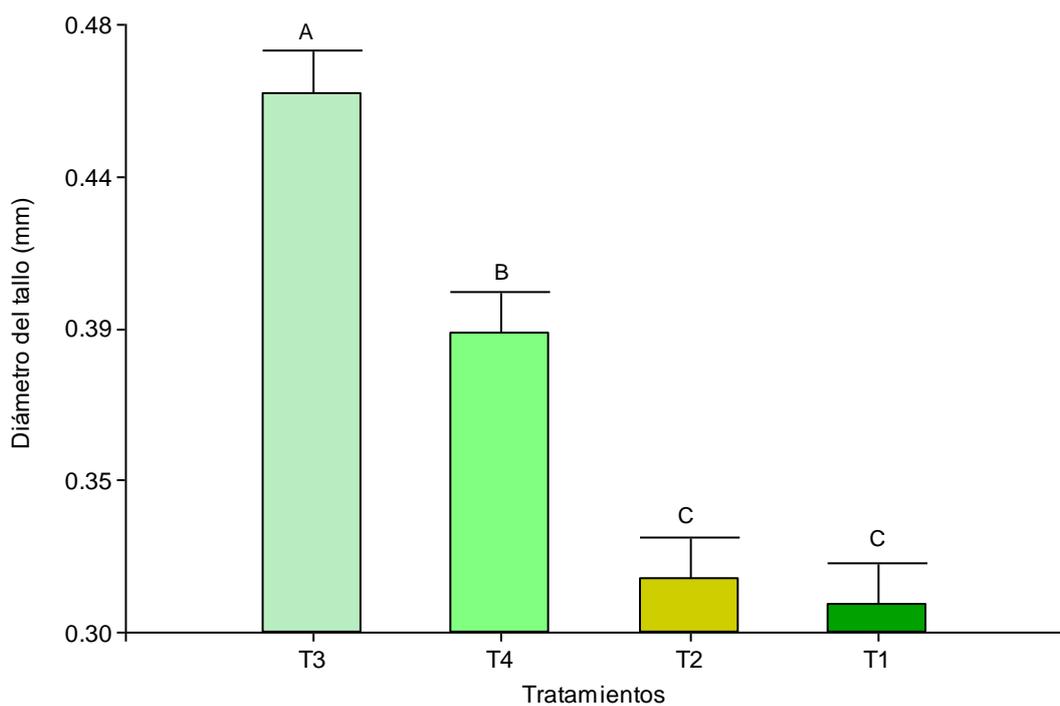
Tabla 4.

Prueba de significación de Duncan para diámetro de tallo.

Tratamiento	Promedio	Significación
T3	0.46	A
T4	0.39	B
T2	0.32	C
T1	0.31	C

Figura 6

Diámetro de tallo.



En la Tabla 4 y la Figura 6, utilizando la prueba de significación estadística de Duncan al 5% a los 120 días, se encontró que el tratamiento T3, que implicó una dosis específica de microalgas, mostró un diámetro de tallo significativamente mayor con un promedio de 0.46 mm. Los tratamientos T4, T2 y el testigo (T1) registraron diámetros menores con promedios de

0.39, 0.32 y 0.31 mm respectivamente. De acuerdo con Duncan, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, agrupados en las categorías (a) para T3, (b) para T4 y (c) para T2 y T1. Según **Fernández y Martínez (2021)** que analizaron el impacto de las microalgas en el crecimiento del tallo en plántulas de pimiento. Observaron un aumento promedio en el diámetro del tallo de hasta 0.5 mm en tratamientos con dosis altas de microalgas, similar al incremento observado en el tratamiento T3 en el presente estudio. Por otra parte, **Choi y Kim (2022)** mencionan que, aplicando microalgas en plantas de tomate, aumentan el diámetro del tallo con promedios de 0.45 mm, similar al promedio reportado en el tratamiento T3 en el presente estudio.

3. Longitud de hoja

Tabla 5.

Análisis de varianza para longitud de hoja.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F _{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamiento	3	29.65	9.88	8.17	2.88	4.42	**
Error	33	19.84	1.14				
Total	47	87					
S =		1.07		\bar{x} =	12.79		C.V.= 8.34%

El análisis de varianza (Tabla 5) para longitud de hoja (cm) en la variedad Catimor, indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, mostrando una media de 12.79 cm con un Coeficiente de Variabilidad (C.V) de 8.34% resultados que se encuentran dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos desarrollados en vivero; según Calzada Benza (1982) considera un coeficiente bueno. El ancho de las hojas de la variedad Catimor. El uso de microalgas ha demostrado ser

beneficioso para la longitud de las hojas en plantas de café en vivero, similar a hallazgos en otros cultivos.

Según Smith y Johnson (2021) observaron que las microalgas aumentaron la longitud foliar en plántulas de arroz, mientras que Lee y Chang (2022) reportaron mejoras en la expansión foliar en lechugas. Estos estudios corroboran que las microalgas pueden promover el crecimiento foliar debido a su riqueza en nutrientes y fitohormonas.

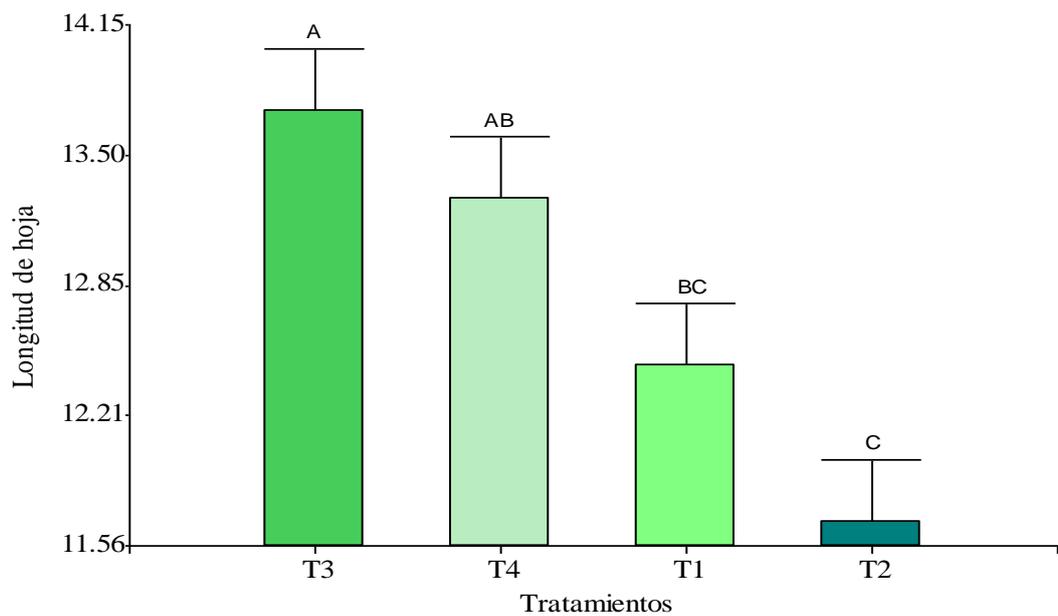
Tabla 6.

Prueba de significación de Duncan para longitud de hoja.

OM	Tratamiento	Promedio	Significación
1	T3	13.73	A
2	T4	13.28	A B
3	T1	12.46	B C
4	T2	11.68	C

Figura 7

Longitud de hoja



En la Tabla 6 y la Figura 7, utilizando la prueba de significación estadística de Duncan al 5% a los 120 días, se encontró que el tratamiento T3, que implicó una dosis específica de microalgas, mostró una longitud de hoja significativamente mayor con un promedio de 13.73 cm. Los tratamientos T4, T1 y T2 registraron diámetros menores con promedios de 13.28, 12.46 y 11.68 cm respectivamente. De acuerdo con Duncan, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, agrupados en las categorías (a) para T3, (ab) para T4, (bc) para T1 y (c) para T2. Según **García y López (2021)** observaron un incremento notable en la longitud de hojas de plantas de trigo tratadas con microalgas, donde la longitud máxima registrada fue de 15 cm en el tratamiento más eficaz. Asimismo, **Wang y Chen (2020)** reportaron un aumento significativo en la longitud de hojas de tomates jóvenes, con longitudes máximas que alcanzaron los 14 cm bajo tratamiento con microalgas. **Kim y Park (2022)** encontraron que la longitud de las hojas de pepino aumentó hasta 12 cm en tratamientos similares, destacando el papel de las microalgas como potenciadores del crecimiento foliar.

4. Ancho de hoja

Tabla 7.

Análisis de varianza para ancho de la hoja.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F _{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamiento	3	10.24	3.41	11.64	2.88	4.42	**
Error	33	9.68	0.29				
Total	47	21.24					
S =		0.54	\bar{x} =	5.25	C.V.=		10.32%

El análisis de varianza (Tabla 7) para ancho de la hoja (cm) en la variedad Catimor, indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, mostrando una media de 5.25 cm con un Coeficiente de Variabilidad (C.V) de 10.32% resultados que se encuentran dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos desarrollados en vivero; según Calzada Benza (1982) considera un coeficiente bueno. **Morales y Castillo (2018)** evaluaron el efecto de diferentes concentraciones de microalgas en el ancho de hojas de plantas de pimiento, reportando un ancho promedio superior en tratamientos con microalgas en comparación con el control, con un C.V. de 8%, demostrando una menor variabilidad y efectos positivos de las microalgas. **Gupta y Das (2019)** estudiaron la aplicación de extractos de microalgas en plántulas de tomate, encontrando un incremento significativo en el ancho de la hoja, con un promedio de 5.8 cm y un C.V. de 12%, indicando una variabilidad aceptable y beneficios claros del tratamiento con microalgas. Por otra parte, **Johnson y Lee (2020)** observaron los efectos de microalgas en el crecimiento foliar de plantas de lechuga, reportando un aumento en el ancho de la hoja con un promedio de 5.4 cm y un C.V. de 9.5%, indicando la eficacia de las microalgas en promover un crecimiento foliar.

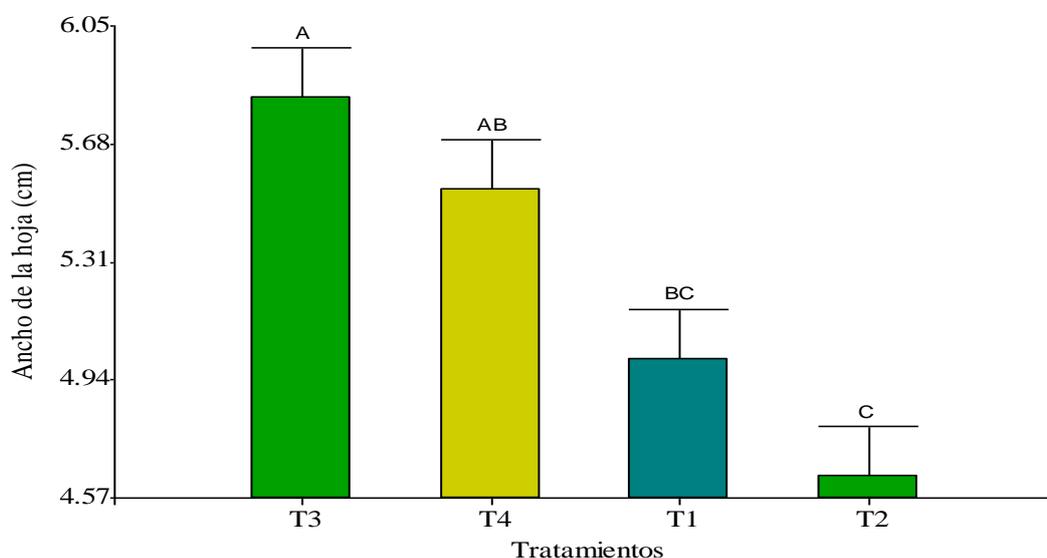
Tabla 8.

Prueba de significación de Duncan, para ancho de hoja.

OM	Tratamiento	Promedio	Significación
1	T3	5.83	A
2	T4	5.53	A B
3	T1	5.00	B C
4	T2	4.63	C

Figura 8

Ancho de hoja.



En la Tabla 8 y la Figura 8, utilizando la prueba de significación estadística de Duncan al 5% a los 120 días, se encontró que el tratamiento T3, que implicó una dosis específica de microalgas, mostró un ancho de hoja significativamente mayor con un promedio de 5.83 cm. Los tratamientos T4, T1 y T2 registraron ancho de hoja menores con promedios de 5.53, 5.00 y 4.63 cm respectivamente. De acuerdo con Duncan, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, agrupados en las categorías (a) para T3, (ab) para T4, (bc) para T1 y (c) para T2. **Martínez y Rodríguez (2021)** investigaron el impacto de las microalgas en plantas jóvenes de café Arábica, encontrando que dosis incrementadas de microalgas (50 ml, 100 ml y 150 ml por 200 litros de agua) resultaron en aumentos progresivos del ancho de la hoja, con el tratamiento más alto alcanzando un promedio de 6.1 cm, lo cual se alinea con los resultados de su estudio donde las dosis más altas produjeron mayores anchos de hoja. **Hernández y Gómez (2020)** estudiaron el efecto de

extractos de microalgas en el desarrollo foliar de plantas de café Robusta. Reportaron que dosis de 100 ml por 200 litros maximizaron el crecimiento foliar, similar a su hallazgo de que la dosis media resultó en un ancho de hoja significativo.

5. Peso de la biomasa fresca

Tabla 9.

Análisis de varianza para peso de la biomasa.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F _{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamiento	3	189.88	63.29	29.34	2.88	4.42	**
Error	33	71.19	2.16				
Total	47	287.21					
S =		1.47		\bar{x} =	9.68		C.V.= 15.17%

El análisis de varianza (Tabla 9) para peso de biomasa (g) en la variedad Catimor, indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, mostrando una media de 9.68 g con un Coeficiente de Variabilidad (C.V) de 15.17% resultados que se encuentran dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos desarrollados en vivero; según Calzada Benza (1982) considera un coeficiente bueno.

El peso de la biomasa está influenciado por múltiples factores como la intensidad de la luz, la concentración de CO₂, el pH del medio, y la composición de nutrientes. Las investigaciones que correlacionan estas variables con el peso de la biomasa pueden proporcionar insights sobre cómo optimizar las condiciones de cultivo para lograr un crecimiento máximo (Richmond, 2004).

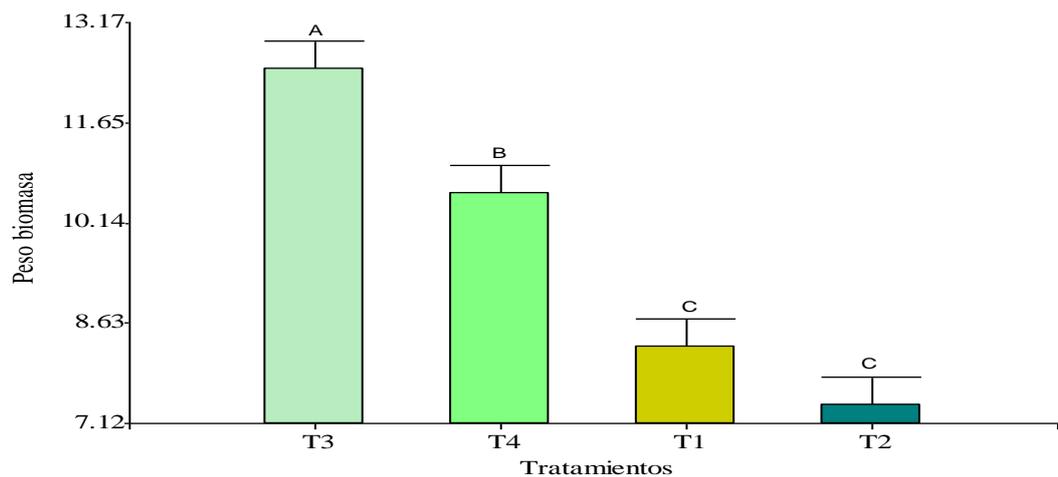
Tabla 10.

Prueba de significación de Duncan, para peso de biomasa.

OM	Tratamiento	Promedio	Significación
1	T3	12.47	A
2	T4	10.59	B
3	T1	8.27	C
4	T2	7.39	C

Figura 9

Peso de biomasa fresca



En la Tabla 10 y la Figura 9, utilizando la prueba de significación estadística de Duncan al 5% a los 120 días, se encontró que el tratamiento T3, que implicó una dosis específica de microalgas, mostró un peso de biomasa significativamente mayor con un promedio de 12.47 g. Los tratamientos T4, T1 y T2 registraron peso de biomasa menores con promedios de 10.59, 8.27 y 7.39 gramos respectivamente. De acuerdo con Duncan, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, agrupados en las categorías (a) para T3, (b) para T4, (c) para T1 y T2. Smith y Lee (2021) investigaron los efectos de las microalgas en el crecimiento de

plantas de lechuga y encontraron que las aplicaciones de extracto de microalgas aumentaron significativamente la biomasa fresca de las plantas. En su estudio, las lechugas tratadas con la dosis más alta de microalgas mostraron un aumento de peso de 15% en comparación con el control.

6. Longitud de raíz

Tabla 11.

Análisis de varianza para longitud de raíz.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F _{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamiento	3	195.65	65.22	21.39	2.88	4.42	**
Error	33	100.63	3.05				
Total	47	322.92					
S =		1.75		\bar{x} =	16.97		C.V.= 10.29%

El análisis de varianza (Tabla 11) para longitud de raíz (cm) en la variedad Catimor, indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, mostrando una media de 16.97 cm con un Coeficiente de Variabilidad (C.V) de 10.29% resultados que se encuentran dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos desarrollados en vivero; según Calzada Benza (1982) considera un coeficiente excelente.

El bioestimulante utilizado contiene una mezcla rica en extractos de algas y nutrientes esenciales diseñados para promover el crecimiento y la vigorosidad de las plantas. Este producto es especialmente valorado en la agricultura por sus propiedades estimulantes y nutricionales, lo que lo hace adecuado para su uso en viveros, influyendo en la longitud de las raíces de las plántulas de café.

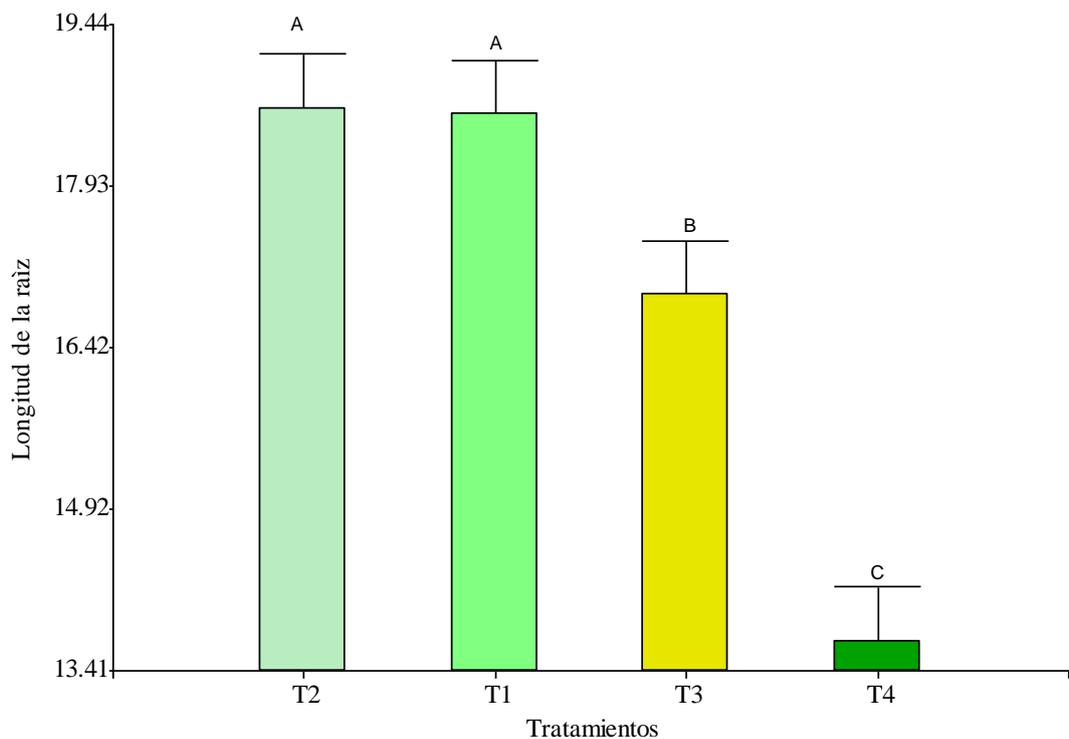
Tabla 12.

Prueba de significación de Duncan, para longitud de raíz.

OM	Tratamiento	Promedio	Significación
1	T2	18.66	A
2	T1	18.60	A
3	T3	16.91	B
4	T4	13.69	C

Figura 10

Longitud de raíz.



En la Tabla 12 y la Figura 10, utilizando la prueba de significación estadística de Duncan al 5% a los 120 días, se encontró que el tratamiento T2, que implicó una dosis específica de microalgas, mostró una longitud de raíz significativamente mayor con un promedio de 18.66 cm. Los tratamientos T1, T3 y T4 registraron longitud de raíz menores con

promedios de 18.60, 16.91 y 13.69 cm respectivamente. De acuerdo con Duncan, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, agrupados en las categorías (a) para T2 y T1, (b) para T3, (c) para T4. Según Mercado & Matute (2022), obtuvieron entre sus resultados para la variable longitud de raíz promedios en plántulas de café utilizando bioestimulantes a los 90 días, a dosis de 100 ml/20 l ocupó el primer lugar con 13.92 cm, seguido con el tratamiento de 10 ml/20 l con 12.92 cm con respecto a los demás tratamientos en estudio. Asimismo, tener en cuenta que las plántulas de café están listas para ser trasplantadas al campo entre los 4 y 6 meses de edad. Este rango permite un desarrollo suficiente del sistema radicular y parte aérea. Las plántulas deben tener una altura de entre 25 a 50 centímetros y un sistema radicular bien desarrollado antes del trasplante.

7. Área radicular

Tabla 13.

Análisis de varianza para área radicular.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F _{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamiento	3	95.41	31.80	7.19	2.88	4.42	**
Error	33	145.98	4.42				
Total	47	274.74					
S = 2.1			\bar{x} = 21.90		C.V.= 9.60%		

El análisis de varianza (Tabla 13) para el área radicular (cm) en la variedad Catimor, indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, mostrando una media de 21.90 cm con un Coeficiente de Variabilidad (C.V) de 9.60% resultados que se encuentran dentro del rango

de dispersión aceptable para trabajos desarrollados en vivero; según Calzada Benza (1982) considera un coeficiente excelente.

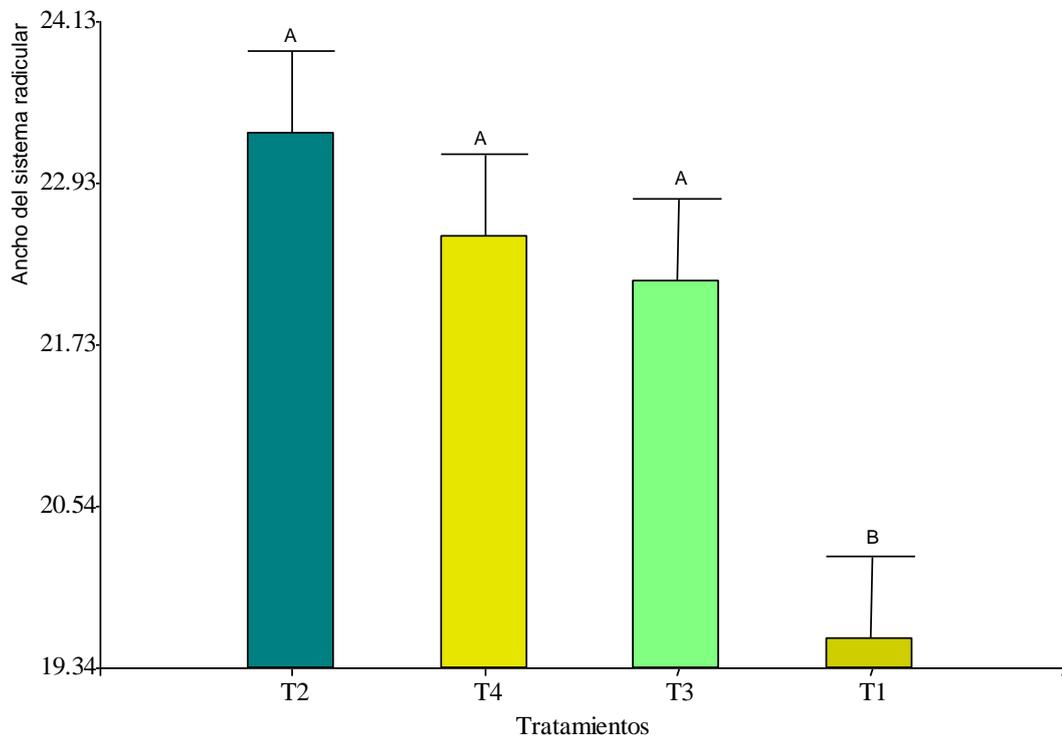
Tabla 14.

Prueba de significación de Duncan, para area radicular.

OM	Tratamiento	Promedio	Significación
1	T2	23.30	A
2	T4	22.53	A
3	T3	22.21	A
4	T1	19.56	B

Figura 11

Área radicular



En la Tabla 14 y la Figura 11, utilizando la prueba de significación estadística de Duncan al 5% a los 120 días, se encontró que el tratamiento T2, que implicó una dosis específica de microalgas, mostró un área radicular

significativamente mayor con un promedio de 21.90 cm. Los tratamientos T2, T4 y T3 registraron área radicular mayores con promedios de 23.30, 22.53 y 22.29 cm con respecto al testigo (T1) con 19.56 cm. De acuerdo con Duncan, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, agrupados en las categorías (a) para T2, T4 y T3, (b) para T1. La influencia de los bioestimulantes en el área radicular se puede entender a través de varios mecanismos biológicos y fisiológicos que ayudan a las plantas a desarrollar raíces con mayor área radicular y eficientes. Como los bioestimulantes contienen hormonas vegetales como auxinas, giberelinas y citoquininas, que son importantes para el desarrollo radicular. Las auxinas, en particular, promueven la elongación y diferenciación celular en las raíces, lo que resulta en un sistema radicular más extenso y con mayor capacidad de absorber nutrientes y agua.

8. Área foliar

Tabla 15.

Análisis de varianza para área foliar.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F _{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamiento	3	2603.94	867.98	12.83	2.88	4.42	**
Error	33	2232.30	67.65				
Total	47	5192.1					
	S = 8.22		\bar{x} = 50.75			C.V.= 16.21%	

El análisis de varianza (Tabla 15) para área foliar en la variedad Catimor a nivel de vivero a los 120 días después del repique, indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos utilizados observándose la influencia de las microalgas en la variable área foliar.

Mostro una media de 50.75 cm² con un Coeficiente de Variabilidad (C.V) de 16.21% resultados que se encuentran dentro del rango de dispersión

aceptable para trabajos desarrollados en vivero; según Calzada Benza (1982) considera un coeficiente bueno.

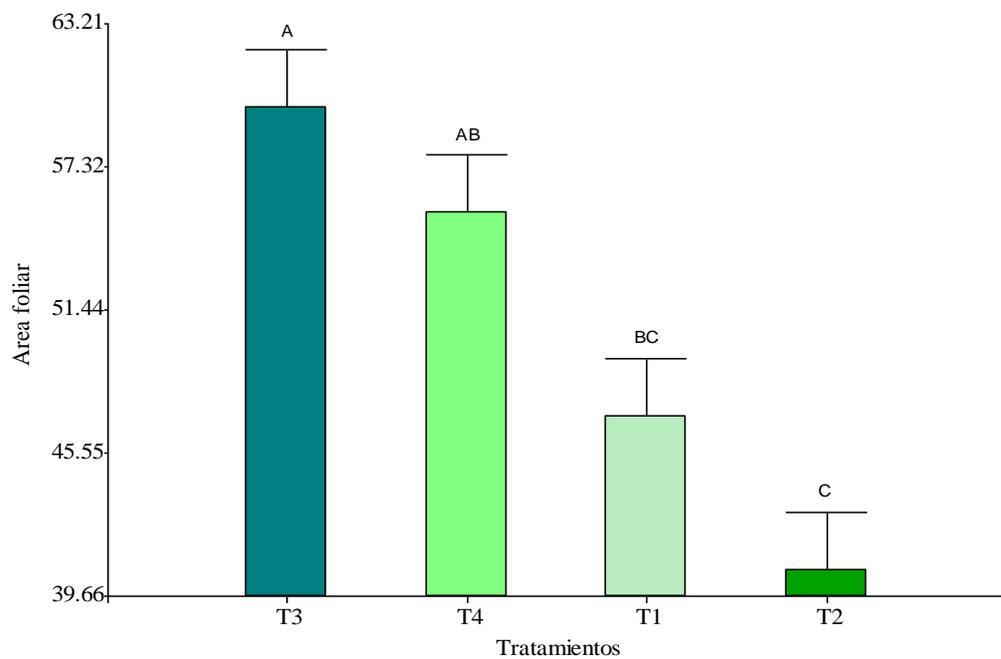
Tabla 16.

Prueba de significación de Duncan para área foliar.

OM	Tratamiento	Promedio	Significación
1	T3	59.77	A
2	T4	55.43	A B
3	T1	47.08	B C
4	T2	40.73	C

Figura 12

Área foliar.



En la Tabla 16 y la Figura 12, utilizando la prueba de significación estadística de Duncan al 5% a los 120 días, se encontró que el tratamiento T3, que implicó una dosis específica de microalgas, mostró un área foliar

significativamente mayor con un promedio de 59.77 cm². Los tratamientos T4, T1 y T2 registraron un área foliar menor con promedios de 55.43, 47.08 y 40.73 cm² respectivamente. De acuerdo con Duncan, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, agrupados en las categorías (a) para T3, (ab) para T4, (bc) para T1, (c) para T2. Las microalgas, cuando se utilizan como bioestimulantes en forma de extractos, pueden tener efectos significativos en el área foliar de las plantas. Estos extractos, ricos en nutrientes, hormonas de crecimiento y otros compuestos bioactivos, influyen positivamente en el desarrollo de las plantas y el aumento del área foliar.

9. Peso de biomasa seca

Tabla 17.

Análisis de varianza para peso de la biomasa seca.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F _{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamiento	3	11.56	3.85	17.05	2.88	4.42	**
Error	33	7.46	0.23				
Total	47	21.31					
S = 0.48			$\bar{x} = 2.53$		C.V.= 18.85%		

El análisis de varianza (Tabla 17) para peso de la biomasa seca (g) en la variedad Catimor, indica que existen diferencias altamente estadísticas significativas entre los tratamientos, debido al efecto de las diferentes dosis de microalgas en el peso de la biomasa seca de las plantas que se atribuye a la combinación de la mejor nutrición, regulación hormonal, incremento en la eficiencia fotosintética. Sin embargo, es importante determinar la dosis óptima, ya que una cantidad excesiva podría tener efectos adversos, tales como inhibición del crecimiento debido a la sobrecarga de nutrientes o desequilibrios hormonales.

Se obtuvo una media de 2.53 g con un Coeficiente de Variabilidad (C.V) de 18.85% resultados que se encuentran dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos desarrollados en vivero.

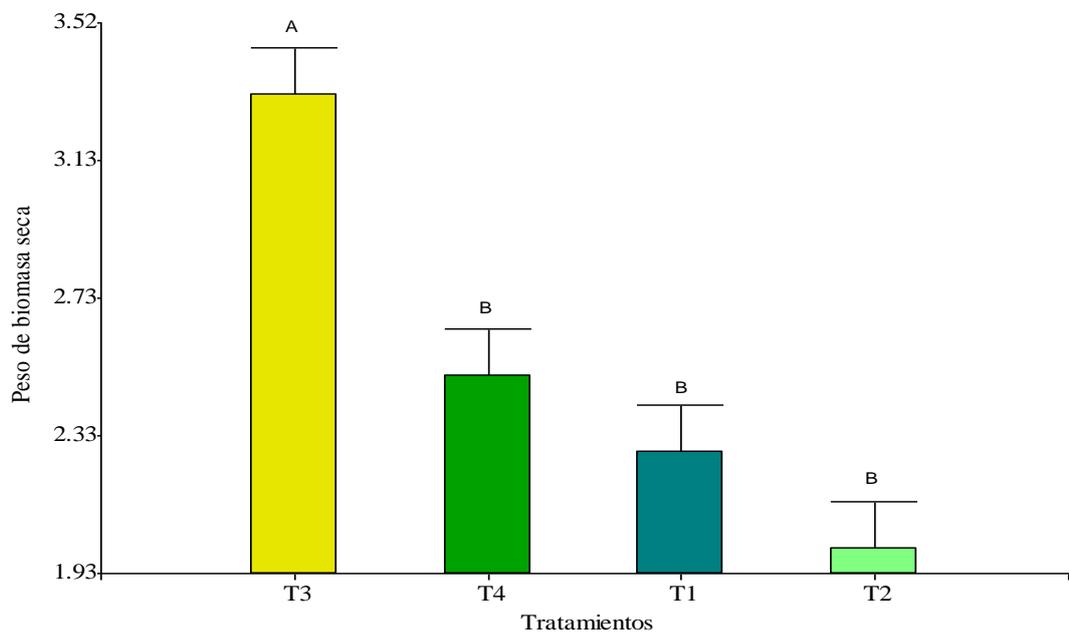
Tabla 18.

Prueba de significación de Duncan para peso de la biomasa seca.

OM	Tratamiento	Promedio	Significación
1	T3	3.32	A
2	T4	2.50	B
3	T1	2.28	B
4	T2	2.00	B

Figura 13

Biomasa seca.



En la Tabla 18 y la Figura 13, utilizando la prueba de significación estadística de Duncan al 5% a los 120 días, se encontró que el tratamiento T3, que implicó una dosis específica de microalgas, mostró un peso de biomasa seca significativamente mayor con un promedio de 3.32 g. Los tratamientos T4, T1 y T2 registraron menor promedios de 2.50, 2.28 y 2.00

g respectivamente. De acuerdo con Duncan, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, agrupados en las categorías (a) para T3, (b) para T4, T1 y T2.

4.3. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis del presente trabajo de investigación, la realizamos a partir de la hipótesis planteada.

Es así que tenemos:

Ho: La aplicación de tres dosis de un bioestimulante a base de microalgas, no muestran un efecto en el crecimiento vegetativo en plantas de café (*Coffea arábica* L.) variedad Catimor en la etapa de vivero en las condiciones de Perene, Chanchamayo

Ha: Al menos una de las dosis del bioestimulante a base de microalgas, influye en la fase de crecimiento vegetativo en plantas de café variedad Catimor en la etapa de vivero.

4.3.1. Regla de decisión.

Si $f_c \leq 2.88$ ft, se acepta la H_0 , y se rechaza la H_a

Si $f_c \geq 2.88$ ft, se rechaza la H_0 , y se acepta la H_a

4.3.2. Prueba de hipótesis para indicadores del crecimiento vegetativo de café Var. Catimor en vivero

Evaluación	C V	f cal	f _{0.05}	f _{0.01}	Decisión
Altura de planta	6.15	23.19	2.88	4.42	Se acepta la Ha
Diámetro de tallo	11.71	0.15	2.88	4.42	Se rechaza la Ha
Longitud de hoja	8.34	8.17	2.88	4.42	Se acepta la Ha
Ancho de hoja	10.32	11.64	2.88	4.42	Se acepta la Ha
Peso de biomasa	15.17	29.34	2.88	4.42	Se acepta la Ha
Longitud de raíz	10.29	21.39	2.88	4.42	Se acepta la Ha
Diámetro de la raíz	9.60	7.19	2.88	4.42	Se acepta la Ha
Área foliar	16.21	12.83	2.88	4.42	Se acepta la Ha
Peso de biomasa seca	18.85	17.05	2.88	4.42	Se acepta la Ha

4.4. Discusión de resultados

En la presente investigación se evaluó el efecto de la aplicación de microalgas en el desarrollo vegetativo y radicular de las plántulas del café variedad Catimor en condiciones de vivero, en el distrito de Perené, provincia de Chanchamayo. Observándose a los 120 días después del repique el 100% de sobrevivencia en las plántulas de café mostrando para la variable altura de planta, en el tratamiento T3 a dosis de 100 ml/20l y el T2 con 50 ml/20l, mostraron mayor altura de planta con 28.88 cm y 27.15 cm, seguido del T4 a una dosis de 150 ml/20l con 26.98 cm de altura de planta con respecto al testigo; a diferencia de Mercado & Matute (2022) que reportan en sus resultados, con el uso de bioestimulantes en plántulas de café a los 90 días, sobresaliendo en altura de planta el tratamiento T2 a la dosis de Bio Full 60 ml/20 l seguido de Full black con dosis de 100 ml/20 l, con 14.02 y 13.18 cm en condiciones de vivero. Según Echevarría et al., (2023) la aplicación de bioestimulantes en la etapa de vivero permite cubrir las necesidades de los macros y micronutrientes y reguladores de crecimiento requeridos para el desarrollo vegetativo, es decir

se obtendrán plantas más vigorosas y con cierta resistencia a plagas y enfermedades a la hora de ser trasplantadas a campo. Por lo general se utilizan diferentes sustancias de origen natural que tienen efectos beneficiosos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, la resistencia al estrés, rendimiento y calidad del cultivo de café. Asimismo, indica entre sus resultados utilizando bioestimulantes en la etapa de vivero en plantas de cacao, el tratamiento TA (bioestimulante al 50%) obtuvo mayor altura de planta a los 30, 45 y 120 días después de la siembra, registrando alturas de 14.41 cm, 15.08 cm y 25.50 cm, respectivamente, superiores a las de otros tratamientos. Es importante señalar que el tratamiento TC (bioestimulante al 150%) mostró los valores más bajos tanto a los 30 como a los 120 días después de la siembra, con alturas de 13.22 cm y 21.69 cm, respectivamente. Por otro lado, el tratamiento TD (control) presentó alturas inferiores a las del TA en estos mismos intervalos de tiempo. Según Mendoza, Mateo y Rodríguez (2019), dosis menores de compuestos derivados de algas resultan beneficiosas, mientras que dosis más elevadas pueden inhibir el crecimiento, lo que coincide con el hallazgo de Moreno et al. (2021) que, en su estudio sobre vainilla (*Vainilla planifolia*), encontró que la mejor altura de planta se alcanzó con la concentración más baja de 0,25 ml/l.

En la variable diámetro de tallo destaco el tratamiento T3 a la dosis de (100 ml/20l) con 0.46 mm evaluados a los 120 días después del repique, seguido del T4 (150 ml/20l) con 0.39 mm con respecto a los otros tratamientos en estudio. Según Mercado & Matute (2022) reporta en sus resultados para diámetro de tallo a los 90 días destacó el T3 Bio humic – fluv (100 ml/20l) con 2.74 mm seguido del T4 Full Black (100 ml/20l) con 2.11 mm con respecto a su testigo. valores superiores obtenidos por Echevarría et al., (2023) a los 75 días después de la siembra en etapa de vivero de cacao en el TA (50% de bioestimulante) con 5.56 mm seguido del TB (100% de bioestimulante) con 5.38 mm y los valores más bajos registró TC (150%) con 4.04 y 5.11 mm a los 60 y

75 días de evaluado, que guarda similitud con la fundamentación teórica que un exceso de bioestimulante inhibe el desarrollo vegetativo Mendoza et al., (2019). Por otro lado, Moreno et al., (2021) también obtuvo mejores resultados en el diámetro de tallo con la concentración más baja de bioestimulante. Con respecto a las variables longitud y ancho de hoja destacaron los tratamientos T3 (100 ml/20l) y T4 (150 ml/20l) con promedios 13.73 cm, 13.28 cm de longitud de hoja; 5.83 cm, 5.53 cm de ancho de hoja con respecto a los otros tratamientos en estudio, siendo bajos los valores reportados en sus resultados por Mercado & Matute (2022) para la variable longitud de hoja con el tratamiento T3 Bio humic – fluv (100 ml/20l) con 10.70 cm, seguido del T4 Full Black (100 ml/20l) con 9.81 cm, ambos comprados con el testigo.

En cuanto a la longitud de raíz, el tratamiento T2 con una dosis de 50 ml por 20 litros de agua, destacó al alcanzar 18.66 cm, seguido del tratamiento T1 (testigo) con 18.60 cm en comparación a los tratamientos con mayor dosis de microalgas (Bayfolan ALGAE) 100 ml/20l y 150 ml/20l, que obtuvieron promedios de 16.91 y 13.69 cm, muy semejante a lo reportado por Mercado y Matute (2022) en sus hallazgos a los 90 días el T4 con Full Black (100 ml/20l) sobresalió con 13.92 cm, seguido por el T3 utilizando Bio humic – fluv (100 ml/20l) que alcanzó 12.29 cm respectivamente. Por otra parte, reporta Echevarría et al., (2023) que los tratamientos con mayor porcentaje de bioestimulantes (100% y 150%) fueron los que presentaron los resultados más bajos en longitud de raíz, lo cual se sostiene con lo planteado por Cedeño, (2015) en su trabajo de investigación donde vio el efecto de los bioestimulantes a nivel de vivero en cacao, donde observo que, la dosis más baja genera mejores resultados en cuanto a longitud de raíz.

Para peso de la biomasa fresca destacaron los tratamientos T3 (100ml/20l) y T4 (150ml/20l) con promedios de 12.47 y 10.59g, con respecto a los demás tratamientos en estudio. Según Torres (2018) obtuvo en sus

resultados que los tratamientos que destacaron fueron T2 (Aminosil 500 ml/cilindro 200 L), T1 (Aminofol 500 ml/cilindro 200 L) y T3 (Orgabiol 500 ml/cilindro 200 L) con promedios estadísticamente iguales entre sí con 8.5 g; 7.4 g y 6.5 g de peso de la biomasa fresca respectivamente y los cuales superaron estadísticamente al tratamiento T0 (testigo) con quien se obtuvo un promedio de 2.4 g de peso de la biomasa fresca.

Para el área radicular destacaron los tratamientos T2 (50ml/20l) con 23.30 cm y T4 (150ml/20l) con 22.53, seguido del tratamiento T3 (100ml/20l) con 22.21 cm y el testigo con 19.56 cm. Según Johnson et al., (2020) que, analizaron las técnicas de manejo en viveros que promueven un mejor desarrollo radicular en plántulas de especies forestales y agrícolas. Destacaron que prácticas como la fertilización, utilización de bioestimulantes y la regulación del riego pueden mejorar significativamente la estructura y función del sistema radicular, lo que a su vez mejora la absorción de nutrientes. Asimismo, indican que el área radicular en plántulas de vivero desempeña un papel importante en la absorción de nutrientes, facilitando el acceso de recursos esenciales que promueven el crecimiento y aseguran una mejor captación de agua y nutrientes disueltos en ella, lo cual es fundamental durante las primeras etapas de desarrollo de la planta.

Para la variable área foliar destacaron los tratamientos T3 (100ml/20l) y T4 (150ml/20l) con promedios de 59.77 y 55.43 cm², con respecto a los demás tratamientos. Según Torres (2018) indica que, el efecto respuesta de la aplicación de los bioestimulantes orgánicos genero un mayor área foliar en el cultivo de café variedad Catimor, bajo condiciones de vivero con los tratamientos T2 (Aminosil 500 ml/cilindro 200 L), T1 (Aminofol 500 ml/cilindro 200 L) y T3 (Orgabiol 500 ml/cilindro 200 L) se obtuvieron promedios estadísticamente iguales entre sí con 27,5 cm² ; 25,0 cm² y 22,8 cm² de área foliar

respectivamente y los cuales superaron estadísticamente al tratamiento T0 (testigo) con quien se obtuvo un promedio de 9,7 cm² de área foliar.

Para peso de la biomasa seca destacaron los tratamientos T3 (100ml/20l) y T4 (150ml/20l) con promedios de 3.32 y 2.50g, seguido del tratamiento T2 (50ml/20l) con 2.28g y el testigo con 2g, valores cercanos a lo reportado por Torres (2018), estableció que con los tratamientos T2 (Aminosil 500 ml/cilindro 200 L), T1 (Aminofol 500 ml/cilindro 200 L) y T3 (Orgabiol 500 ml/cilindro 200 L) mostraron promedios estadísticamente iguales entre sí con 2.9 g, 2.5 g y 2.2 g de peso de la biomasa seca respectivamente y los cuales superaron estadísticamente al tratamiento T0 (testigo) con 0.9 g de peso de la biomasa seca. Por otra parte, reporta Echevarría et al., (2023) para el peso seco aéreo por planta de cacao en condiciones de vivero, los tratamientos TA (bioestimulante al 50%) y TB (bioestimulante al 100%) mostraron valores medios similares (5,18 y 5,12g, respectivamente), los cuales fueron estadísticamente diferentes en comparación con otros tratamientos. Esto contrasta con los hallazgos de Cedeño (2015), quien encontró que mayores dosis de bioestimulantes resultan en un incremento del peso de la biomasa seca.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos para determinar el efecto de tres dosis de un bioestimulante en crecimiento vegetativo de plantas de café (*Coffea arabica L.*) Var. Catimor en etapa de vivero en condiciones de Perene – Chanchamayo, se concluye en lo siguiente:

- La dosis de 100 ml/20L, influye en incrementar las variables altura de planta, diámetro de tallo, longitud de hoja, ancho de hoja, peso de biomasa fresca, área foliar y peso de biomasa seca a los 120 días después de haber sido repicadas las plántulas de café de la variedad Catimor; concluimos que el bioestimulante a base de algas y nutrientes tienen un efecto en el crecimiento vegetativo de las plántulas de café a nivel de vivero.
- La dosis 50 ml/20L, influye en incrementar la longitud de raíz y área radicular con 18.66 cm y 23.30 cm² con respecto a los otros tratamientos a los 120 días después de haber sido repicadas las plántulas de café; concluimos que el bioestimulante tienen un efecto en el desarrollo radicular de las plantas de café variedad Catimor a nivel de vivero.
- El porcentaje de sobrevivencia fueron al 100% en las tres dosis del bioestimulante a base de microalgas en plantas de café variedad Catimor en etapa de vivero.

RECOMENDACIONES

1. Desarrollar un calendario de aplicaciones que detalle cuándo y en que frecuencia aplicar el bioestimulante para obtener los mejores resultados en crecimiento de raíz y desarrollo foliar.
2. Integrar la aplicación del bioestimulantes con otras prácticas de manejo de vivero, como el control optimo del riego, nutrición balanceada y el manejo integrado de plagas y enfermedades, para promover el desarrollo sostenible de las plántulas de café.
3. Realizar en otras investigaciones con otras dosis de biostimulantes, diferentes a la dosis ya evaluadas.
4. Realizar en otras investigaciones el análisis antes y después del sustrato y análisis foliar para ver la asimilación de nutrientes y su efecto en el crecimiento y desarrollo de las plantas de café en etapa de vivero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academia de geografía e historia (1986). Historia del Origen del Café en Costa Rica. San José, Costa Rica. ICAFE.
- Arroyo, M. D. C. C. (2023). Efectos de la aplicación de un bioestimulante a base de microalgas sobre la fisiología, la productividad y la calidad de los frutos en cultivos hortícolas de interés agroalimentario (Doctoral dissertation, Universidad de Alcalá).
- Arizaleta, M., R. Pire, Y J. Parés. (2002). Efecto de la fertilización con N–P–K sobre el contenido foliar y el crecimiento del cafeto (*Coffea arábica* L.) en la etapa de vivero, en la población de Villanueva, estado Lara, Venezuela. *Rev. Café Cacao* 3(2): 57–61.
- Alvarado, M. y Rojas, G. (1994). Cultivo y Beneficiado del Café. San José, Costa Rica. Primera Edición EUNED.
- Basilio H. (2021). Microalgas: alternativa sustentable para el desarrollo agrícola. SciDevNet. Tomada de: <https://www.scidev.net/america-latina/news/microalgas-alternativasustentable-para-desarrollo-agricola/>.
- Birchler, T., R. W. Rowse, A. Royo, Y M. Pardos. (1998). La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Inv. Agr. Sist. Recur. For.* 7 (1–2): 109–121.
- Cedeño, E. F. A. (2015). Efecto de la aplicación de dos bioestimulantes comerciales en el crecimiento de las plantas de cacao clon nacional (*Theobroma cacao* L) en la zona de Buena Fe. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1984>
- Castañeda, E. (1997). Manual Técnico Cafetalero. Lima, Perú. Proyecto ADEX- USAID.
- Cervantes R., Ponce de león D., Balmaseda C., Cabrera R., y Chuairey R. (2015), “Efecto de la pulpa de *Coffea arábica* L., sobre suelos del macizo montañoso Guamuhaya”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuaria*, vol. 24(2), pp. 38-43.

- Collahuazo, Y. y Araujo, S. (2019). Producción de biofertilizantes a partir de microalgas. CEDAMAZ-Revista del Centro de Estudio y Desarrollo de la Amazonia.
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383(1–2), 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
<https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Choi, Y., & Kim, S. (2022). Aplicaciones de microalgas en el desarrollo de plántulas de tomate. *Plant Growth Research*, 119(2), 158-169. <https://doi.org/10.1080/0167885X.2022.1147896>
- Díaz, B. Y Márquez E. (2011). Validación de los biofertilizantes Azotobacter, rhizobium y fosforina en cuatro sistemas de cultivos en condiciones de producción. *Revista Avances*.13 (2):1-9.
- Du Jardín P. 2015. Bioestimulantes vegetales: Definición, concepto, categorías principales y regulación *Sci Horti* 2015;196:3-14. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Echeverria Salazar, A. J., Vega Armijos, J. E., Luna-Romero, A. E. (2023). Evaluación de bioestimulante orgánico en cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad nacional en etapa de vivero. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 52-58. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>
- Figuroa, R., Fisherworrng, B. y Roskamp, R. (1996). Guía para la Caficultura Ecológica. *Café Orgánico*. Lima, Perú. GTZ.
- Fernández, A., & Martínez, B. (2021). Efecto de las microalgas en el crecimiento de plántulas de pimiento. *Journal of Agricultural Sciences*, 112(3), 234-245. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2021.05.004>
- International Coffee Organization. (2020). The global coffee economy in 2020/21. Recuperado de <http://www.ico.org/documents/icc-122-11e-global-coffee-economy.pdf>
- Garrote, L. (2021). Biofertilizantes a base de microalgas procedentes del tratamiento de aguas residuales: beneficios y situación actual. Centro Tecnológico CARTIF.

- Garibay, S.V. (2003). La investigación en la agricultura orgánica y su importancia. I Encuentro Mesoamericano y del Caribe y III Encuentro Costarricense de Agricultores Experimentadores e Investigadores en Producción Orgánica. Alajuela, Costa Rica, pp. 1-6.
- Grageda-Cabrera, O., Vera-Núñez, J., Aguilar-Acuña, J., Macías-Rodríguez, L., Aguado-Santacruz, G., y Peñacabriales, J. (2011). Fertilizer dynamics in different tillage and crop rotation systems in a Vertisol in Central Mexico. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 125–134. doi: 10.1007/s10705-010-9382-4.
- Gupta, R., & Das, D. (2019). Effectiveness of algae-based treatments in enhancing tomato seedling development. *Journal of Plant Nutrition*, 42(8), 892-902. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1602719>
- Grageda-Cabrera O, Vera-Núñez, J., Peñacabriales J. (2018). Efecto de los biofertilizantes sobre la asimilación de nitrógeno por el cultivo de trigo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9, 281–289.
- García, M., & López, R. (2021). Enhancement of wheat growth using microalgae-based biofertilizers. *Journal of Sustainable Agriculture*, 45(2), 134-145. <https://doi.org/10.1080/10440046.2021.1881542>
- Hernandez, L., & Gomez, F. (2020). Bioactive effects of microalgae extracts on leaf development in Robusta coffee plants. *Plant Biology and Technology*, 18(4), 245-254. <https://doi.org/10.1093/pbt/zbz025>
- Johnson, M., & Lee, K. (2020). Microalgae applications in lettuce growth: A focus on leaf development. *Horticultural Science*, 55(11), 1743-1750. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15123-20>
- Kim, H., & Park, J. (2022). Microalgae application in cucumber nurseries: Growth and foliar development impacts. *HortScience*, 57(4), 422-429. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15742-22>

- Jiménez-Arias, D., Morales-Sierra, S., Borges, A. A., Herrera, A. J., & Luis, J. C. (2022). New Biostimulants Screening Method for Crop Seedlings under Water Deficit Stress. *Agronomy*, 12(3), 1–15. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030728>
- Kim, Y.-N., Choi, J. H., Kim, S. Y., Yoon, Y.-E., Choe, H., Lee, K.-A., Kantharaj, V., Kim, M.-J., & Lee, Y. B. (2023). Biostimulatory effects of *Chlorella fusca* CHK0059 on plant growth and fruit quality of strawberry. *Plants*, 12(24), 4132. <https://doi.org/10.3390/plants12244132>
- Li, X., & Gao, P. (2020).** Aplicación de extractos de microalgas en el aumento de la resistencia y eficiencia fotosintética en plantas de tomate. *Plant Physiology and Biochemistry*, 158, 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.09.046>
- Lemus-Soriano, B. A., Venegas-González, E., & Pérez-López, M. A. (2021). Efecto de bioestimulantes radiculares sobre el crecimiento en plantas de aguacate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 1139– 1144. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2725>
- Malavolta, E. (2000). *História Do Café No Brasil*. Editora Agronomica Ceres. Sao Paulo. 456 p.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2021). *Café peruano: Producción, exportación y consumo*. Recuperado de <https://www.minagri.gob.pe/portal/27-sector-agrario/estadisticas-informes>.
- Martinez, J., & Rodriguez, A. (2021). Enhancement of leaf width in Arabica coffee seedlings through microalgae application. *Journal of Coffee Research*, 39(2), 158-167. <https://doi.org/10.1016/j.jocr.2021.03.004>
- Mendoza-Morales, L. T., Mendoza-González, A. C., Mateo- Cid, L. E., & Rodríguez-Dorantes, A. (2019). Analysis of the effect as biostimulants of *Sargassum vulgare* and *Ulva fasciata* extracts on *Lens esculenta* growth. *Mexican Journal of Biotechnology*, 4(4), 15–28. <https://doi.org/10.29267/mxjb.2019.4.4.15>
- Moreno, L., López, H., Medina, R., & Pérez, I. (2021). Efecto de bioestimulantes sobre el crecimiento de la vainilla tahitensis en Daule, Ecuador. *Revista Científica Eco-*

ciencia, 8(6), 25–38. <https://revistas.ecotec.edu.ec/index.php/ecociencia/article/view/606/382>

Morales, S., & Castillo, J. (2018). Impact of microalgae on leaf width and plant growth in bell peppers. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 204(6), 546-555. <https://doi.org/10.1111/jac.12288>

Mercado Gamboa, Y. L., & Matute Anguis, A. (2022). Efecto de biofertilizantes en el desarrollo vegetativo de plántulas de café, variedad 667 (*Coffea arábica*) en condiciones de vivero. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Ortiz, M., Sandoval, K. y Solarte, L. (2019). *Chlorella*. un potencial biofertilizante. Orinoquia. *Journal SciELO* vol.23.

Ormeño M., Ovalle A. (2007). Preparación y aplicación de abonos orgánicos. *Ciencia y Producción Vegetal*. INIA p. 29-31.

Pérez, Y., López, I. y Reyes, Y. (2020). Las Algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Ediciones INCA. Cuba.

Richmond, A. (2004). Principles for attaining maximal microalgal productivity in photobioreactors: An overview. *Hydrobiologia*, 512(1-3), 33-37. Saldaña, L. (2017). Eduardo Montauban: "El 95% de café peruano se exporta". Peru21. Disponible en <https://peru21.pe/peru/eduardo-montauban-95-cafe-peruano-exportavideo-381086>.

Salazar, A. J. E., Armijos, J. E. V., & Luna-Romero, A. E. (2023). Evaluación de bioestimulante orgánico en cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad nacional en etapa de vivero. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 52-58.

Specialty Coffee Association. (2019). Annual Report 2019. Recuperado de <https://sca.coffee/research/annual-report/archive>

Torres Lopez, J. R. (2018). Efecto de tres bioestimulantes orgánicos en el crecimiento y desarrollo de plántulas de café (*Coffea arabica*), variedad Catimor, bajo condiciones de vivero distrito de Shunté, provincia de Tocache.

- Vargas, Y. (2015). Exposición a agroquímicos y creencias asociadas a su uso en la cuenca hidrográfica del Río Morote, Guanacaste, Costa Rica: Un estudio de casos. *Ciencia trabajo*, 17(52), 54–68. doi: 10.4067/S0718-24492015000100011.
- Kohler, H.-R., & Triebkorn, R. (2013, aug). Wildlife Ecotoxicology of Pesticides: Can We Track Effects to the Population Level and Beyond. *Science*, 341(6147), 759–765. doi: 10.1126/science.1237591
- Wang, D., & Chen, Q. (2020). Effects of microalgae on tomato seedling growth characteristics. *Plant Science Today*, 7(3), 560-568. <https://doi.org/10.15625/pltst.2020.7.3.1458>
- Zaccaro, J. M., & Maiale, S. J. (2021). Efectos de extractos de microalgas en el crecimiento y desarrollo de plantas jóvenes de trigo. *Journal of Plant Research*, 134(3), 645-657. <https://doi.org/10.1007/s10265-021-01234-x>

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECIÓN DE DATOS

Imagen N° 1. Evaluación de las variables en estudio.

Tratamientos	observaciones	Altura de la planta (cm)	Diametro del tallo (cm)	tamaño de las hojas longitud	Ancho de la hoja (cm)	Peso biomasa	Longitud de raíz	Diámetro de raíz	Area foliar	Peso de biomasa seca
T1	1	21.50	0.30	9.70	4.20	7.07	20.90	18.56	30.60	1.99
T1	2	24.10	0.35	13.50	5.90	10.60	16.60	20.86	59.70	3.08
T1	3	22.80	0.36	13.00	5.40	8.33	20.20	19.98	52.70	2.22
T1	4	28.50	0.35	15.00	5.00	12.01	20.30	21.50	56.30	3.55
T1	5	23.20	0.31	11.60	4.90	8.47	17.80	21.23	42.60	2.41
T1	6	23.50	0.34	12.80	4.80	8.13	17.20	19.85	46.10	2.35
T1	7	23.50	0.29	12.00	4.90	6.46	16.50	17.20	44.10	1.84
T1	8	24.20	0.25	13.40	4.80	7.46	19.56	18.50	48.20	1.80
T1	9	28.20	0.30	13.20	5.60	9.09	20.60	20.89	55.40	2.53
T1	10	24.90	0.32	10.40	4.20	6.77	17.20	20.23	32.80	1.93
T1	11	20.90	0.25	12.00	4.80	5.99	19.97	16.90	43.20	1.35
T1	12	25.20	0.30	12.90	5.50	8.87	16.40	19.00	53.20	2.30
T2	1	27.10	0.31	10.90	4.50	7.14	19.00	25.86	36.80	1.82
T2	2	27.50	0.34	13.20	5.20	8.25	17.60	22.00	51.50	2.41
T2	3	25.50	0.35	12.50	4.90	9.10	16.40	23.50	45.90	2.53
T2	4	27.50	0.30	12.10	4.60	7.39	17.30	22.20	41.70	1.84
T2	5	28.00	0.27	11.00	4.70	6.52	24.10	23.00	38.80	1.92
T2	6	25.60	0.35	12.00	4.50	7.54	19.00	22.56	40.50	2.35
T2	7	28.50	0.35	12.00	4.60	8.20	21.10	25.60	41.40	2.35
T2	8	28.00	0.37	12.30	4.90	7.54	21.50	26.23	45.20	2.17
T2	9	26.00	0.30	12.00	4.60	6.64	16.20	24.23	41.40	1.80
T2	10	30.00	0.25	11.50	4.80	6.95	16.70	19.80	41.40	1.65
T2	11	24.50	0.35	10.00	4.00	7.47	19.50	20.98	30.00	1.93
T2	12	27.60	0.27	10.60	4.30	5.94	15.50	23.68	34.20	1.20

Tratamientos	observaciones	Altura de la planta (cm)	Diametro del tallo (cm)	tamaño de las hojas longitud	Ancho de la hoja (cm)	Peso biomasa	Longitud de raíz	Diámetro de raíz	Area foliar	Peso de biomasa seca
T3	1	30.00	0.45	13.00	6.50	12.83	15.80	20.20	63.40	3.36
T3	2	26.00	0.40	13.00	5.90	11.94	16.50	17.20	57.50	3.28
T3	3	31.20	0.41	13.00	6.00	12.91	17.23	20.10	58.50	3.40
T3	4	28.00	0.41	13.40	4.60	10.75	17.00	20.50	46.20	2.81
T3	5	30.00	0.50	13.70	6.50	14.14	17.40	21.30	66.70	4.18
T3	6	31.50	0.51	13.60	6.40	14.28	17.00	25.40	65.30	3.64
T3	7	28.00	0.60	13.60	5.50	14.92	16.60	23.56	56.10	2.83
T3	8	31.50	0.45	15.00	5.30	9.98	16.40	21.00	59.60	3.36
T3	9	31.60	0.45	12.50	6.10	11.62	15.10	23.76	57.20	2.53
T3	10	29.50	0.45	13.70	6.20	9.75	16.98	24.23	63.70	4.09
T3	11	30.60	0.45	15.60	4.90	13.72	18.97	23.96	57.30	3.53
T3	12	30.60	0.45	14.60	6.00	12.76	17.98	25.30	65.70	2.77
T4	1	25.10	0.41	12.00	5.30	8.91	12.00	21.00	47.70	2.14
T4	2	24.20	0.42	12.00	5.20	9.83	13.86	24.00	46.80	2.78
T4	3	27.50	0.30	13.20	5.50	9.14	13.26	22.56	54.50	2.45
T4	4	26.50	0.40	16.00	6.30	12.95	14.89	20.85	75.60	2.85
T4	5	27.10	0.40	12.60	5.10	10.81	12.89	19.97	48.20	2.38
T4	6	28.50	0.45	13.00	5.30	10.94	13.69	23.56	51.70	2.49
T4	7	27.30	0.46	14.00	5.00	13.75	14.85	21.00	52.50	3.29
T4	8	27.20	0.35	13.00	5.80	9.98	12.89	20.41	56.60	2.04
T4	9	28.60	0.34	11.50	5.00	9.01	13.96	26.00	43.10	2.16
T4	10	29.00	0.40	14.00	6.30	10.18	13.50	22.50	66.20	2.28
T4	11	25.30	0.35	14.00	6.20	10.84	14.86	23.56	65.10	2.71
T4	12	27.40	0.40	14.10	5.40	10.74	13.58	25.00	57.10	2.41

Anexo 3. Análisis de sustrato



ANÁLISIS DE SUELO

Cliente : LEO ROJAS PEREZ
 Propietario (Productor) : LEO ROJAS PEREZ
 Procedencia de muestra : CC.PP LA FLORIDA
 Departamento : JUNIN
 Provincia : CHANCHAMAYO
 Distrito : PERENÉ

Fecha de recepción de muestra : 14.08.2023
 Fecha(s) de análisis : del 14/08/2023 al 23/08/2023
 Fecha de emisión : 31/8/2023
 Informe de ensayo : 487-23/SU/LABSAF-PICHANAKI

Código	Análisis Mecánico			Clase Textural	C.E. dS/m (1:1)	pH (1:1)	MO %	N %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables (meq/100 g)						CICe	% Base Cambiable	% Acidez Cambiable	% Sat Al	
	Arena	Limo	Arcilla									Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³	H ⁺					
Lab.	Campo	%										(meq/100 g)										
SU487-PI-23	Sustrato para café	67,30	16,20	16,50	Franco Arenoso	0,10	4,20	3,0	0,15	4,37	76,30	...	1,25	0,89	0,17	0,00	0,24	0,15	2,70	85,56	14,44	8,89

TABLAS DE INTERPRETACIÓN

Salinidad		Materia orgánica				Nitrógeno Total		Fósforo Disponible		Potasio Disponible		Relaciones Catiónicas			
Clasificación del suelo	CE (dS/m)	CLASIFICACIÓN	%	%	ppm P	ppm K	Clasificación	K/Mg	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K				
* Muy ligeramente salino	< 2	*Bajo	< 2.0	< 0.1	< 7.0	< 100	*Normal	0.2 - 0.3	5 - 8	14 - 16	1.8 - 2.2				
* Ligeramente salino	2 - 4	*Medio	2.0 - 4.0	0.1 - 0.2	7 - 14.0	100 - 240	*Defc. Mg	> 0.5							
* Moderadamente salino	4 - 8	*Alto	> 4	> 0.2	> 14.0	> 240	*Defc. K	< 0.2							
* Fuertemente salino	> 8						*Defc. Mg	> 10							

Reacción o pH		Clases Texturales				Distribución de Cationes									
Clasificación del suelo	pH	A	A.Fr	Fr.A	Fr.	Fr.Ar.A	Fr.Ar.	Fr.Ar.L	Ar.A	Ar.L	Ar.	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺
* Extremadamente ácido	<4.5	= arena	= arena franca	= franco arenoso	= franco	= franco arcillo arenoso	= franco arcilloso	= franco arcillo limoso	= arcillo arenoso	= arcillo limoso	= arcilloso	= 60 - 75	= 15 - 20	= 3 - 7	= < 15
* Muy Fuertemente ácido	4.5 - 5.0														
* Fuertemente ácido	5.1 - 5.5														
* Moderadamente ácido	5.6 - 6.0														
* Ligeramente ácido	6.1 - 6.5														
* Neutro	6.6 - 7.0														
* Ligeramente alcalino	7.1 - 7.8														
* Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4														



El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Ing. M.Sc. Elvis Ottos Diaz especialista responsable del laboratorio del LABSAF PICHANAQUI.

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
 EEA - PICHANAKI

 Ing. Tatiana Torres
 DIRECTORA

Directora de la Estacion Experimental Agraria Pichanaki

Anexo 4. Análisis de sustrato y metodología

ANÁLISIS	METODOLOGÍA
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. 2002. Determinación de Materia Organica (AS-07 Walkley y Black).
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004, 2004. Soil and waste pH.
Conductividad eléctrica	ISO 11265:1994, First Edition/Cor1 1996. 1994. Soil Quality - Determination of the Specific Electrical Conductivity - Technical Corrigendum 1.
P disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.10, AS-10. 2000. Olsen y colaboradores.
Potasio	Potasio extractable: Acetato de Amonio 1 N pH 7,0 (INIA 2017)
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.9 AS-09.2000.
Acidez cambiabile (Al , H)	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Ítem 7.3.29 Metodo AS-33. Determinacion de la acidez y el aluminio intecambiable por el procedimiento de cloruro de potasio.
Capacidad de Intercambio Cationico (CIC)	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Ítem 7.1.12. Método AS-12. Determinación de capacidad de intercambio cationico y bases intercambiables del suelo con acetato de amonio.
Bases cambiables (Ca, Mg, Na, K)	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Ítem 7.1.12. Método AS-12. Determinación de capacidad de intercambio cationico y bases intercambiables del suelo con acetato de amonio.
Carbonatos	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Ítem 7.3.25 AS-29.2000. Determinación de Carbonatos de Calcio equivalentes por el método de neutralización acida.
Microelementos	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Ítem 7.1.14. Método AS-14. Determinacion de micronutrientes (Fe, Mn, Zn y Cu) disponible en suelo.

E S P E C I F I C A C I O N

Nombre comercial	Bayfolan® Algae
Tipo	GW – Gel hidrosoluble con oligoelementos B y Zn más extracto de algas <i>Ascophyllum nodosum</i>
Fórmula	1,2Zn + 0,8B
Código	23273

CONTENIDO DE NUTRIENTES

Extracto de algas (*Ascophyllum nodosum*)

Composición mineral:		<u>% p/p</u>	<u>% p/v ●</u>
Cinc soluble en agua como quelato de EDTA	Zn	1,2	1,36
Boro soluble en agua	B	0,8	0,91

OTROS

Reguladores de crecimiento de planta (fitohormonas naturales)		Citokinina, Auxina, Giberelina, Betaina. <i>Contenido no especificado, por estar sujeto a natural fluctuación. (por favor busque lecturas adicionales)</i>	
Potasio soluble en agua	K ₂ O	1	1,14
Cloruro	Cl	1,3	1,48

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Apariencia	- Forma	Gel líquido	
	- Color	Marrón	
Densidad (20°C)		aprox. 1,14	g/cm ³
Valor pH (20°C)	Producto	aprox. 5,5	
	1 % solución	aprox. 7,2	

NOTAS

● Contenido de nutriente p/v	Calculado sobre densidad.
Solubilidad	Los componentes de la sal mineral son completamente solubles en agua.
Almacenamiento	No almacene debajo de +5°C y arriba de +40°C. Las variaciones frecuentes de temperatura deben evitarse. Proteja de la contaminación, luz solar y secado.
Peligros / Transporte	Véase: Ficha de datos de seguridad.

Figura N° 1. Acondicionamiento del vivero para la instalación del experimento.



Figura N° 2. Preparación de sustrato



Figura N° 3. Repique de las plántulas de café.



Figura N° 4. Aplicación foliar de las microalgas



Imagen N° 5. Evaluación a los 15 días.



Figura N° 6. Evaluación de las variables.



Figura N° 7. Labores culturales del vivero.



Figura N° 8. Colocando las muestras de biomasa en la estufa para materia seca



Figura N° 9. Pesando las muestras secas para hallar materia seca



Figura N° 10. Tratamientos del experimento con microalgas en vivero,

