



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i3>

Ciencias de la Ingeniería
Artículo de Investigación

Formulación y Evaluación Integral de un Biocatalizador en el Fitobioma Vegetal de Plantas de Café, Macas 2021

Formulation and Integral Evaluation of a Biocatalyst in the Vegetal Phytobiome of Coffee Plants, Macas 2021

Formulação e Avaliação Integral de um Biocatalisador no Fitobioma Vegetal do Café, Macas 2021

Carla Luzuriaga ^I

luzuriagachaconcarla@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7309-3517>

Juan Pablo Haro Altamirano ^{II}

juanpablo.haro@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8538-3191>

Sandra Elizabeth López Sampedro ^{III}

salopez@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0209-2087>

Miguel Ángel Osorio Rivera ^{IV}

miguel.osorio@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-8641-2721>

Georgina Hipatia Moreno Andrade ^V

georgina.moreno@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9400-7064>

Correspondencia: salopez@esPOCH.edu.ec

***Recibido:** 29 de mayo del 2022 ***Aceptado:** 02 de junio de 2022 * **Publicado:** 20 de julio de 2022

- I. Investigadora Independiente, Macas, Ecuador
- II. Doctor Philosophiae en Agricultura Sustentable, Ingeniero Agrónomo, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Macas, Ecuador
- III. Magíster en Farmacia clínica y Hospitalaria, Bioquímica Farmacéutica, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- IV. Máster Universitario en Ingeniería para el Ambiente y el Territorio, Ingeniero Ambiental, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Macas, Ecuador
- V. Máster en Protección Ambiental, Doctor en Química Especialidad Orgánico Bioquímico, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba Ecuador.

Resumen

El uso de biocatalizadores ha demostrado mejoras en el desarrollo y crecimiento de las plantas, proporcionándoles mejores condiciones por lo cual su utilización se ha venido estudiando en diferentes cultivos, el objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de un biocatalizador obtenido a partir de muestras de suelo sobre plántulas de café en el vivero del ATASIM, ubicado en la comunidad San Isidro, del cantón Morona, provincia de Morona Santiago, para esto previamente se aislaron y cuantificaron inóculos de fitobioma siendo la muestra CL-004 la más apta, identificándose mediante el método ELISA cepas de *Fusarium tabacinum*, *Hormicium* sp., *Fusarium moniliformi*, *Pseudomonas fluorescens*, se evaluaron cuatro tratamientos de biocatalizador bajo un DCA con dosis de 0, 5, 7.5 y 10mL analizando los resultados con el test de Tukey con un nivel $p < 0,05$ de significancia, mostrando diferencias estadísticamente significativas entre el testigo y los diferentes tratamientos utilizados, se analiza que el crecimiento es óptimo al emplear 10 cm³ (T3) para el caso de la longitud del tallo, raíces y número de hojas por lo cual es recomendable continuar con el conocimiento de las características del fitobioma y recomendar su utilización a los productores.

Palabras Claves: Biocatalizador; Café; Fitobioma; Crecimiento.

Abstract

The use of biocatalysts has shown improvements in the development and growth of plants, providing them with better conditions for which their use has been studied in different crops, the objective of this study was to evaluate the effectiveness of a biocatalyst obtained from samples of soil on coffee seedlings in the ATASIM nursery, located in the San Isidro community, Morona canton, Morona Santiago province, for this purpose, phytobiome inocula were previously isolated and quantified, with sample CL-004 being the most suitable, identified by means of the ELISA method strains of *Fusarium tabacinum*, *Hormicium* sp., *Fusarium moniliformi*, *Pseudomonas fluorescens*, four biocatalyst treatments were evaluated under a DCA with doses of 0, 5, 7.5 and 10mL, analyzing the results with the Tukey test with a $p < 0$ level .05 of significance, showing statistically significant differences between the control and the different treatments used, q is analyzed Because growth is optimal when using 10 cm³ (T3) in the case of stem length, roots and number of leaves, it is therefore advisable to continue with the knowledge of the characteristics of the phytobiome and recommend its use to producers.

Keywords: Biocatalyst; Coffee; Phytobiome; Increase.

Resumo

O uso de biocatalisadores tem mostrado melhorias no desenvolvimento e crescimento das plantas, proporcionando-lhes melhores condições para que seu uso vem sendo estudado em diferentes culturas, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia de um biocatalizador obtido a partir de amostras de solo em mudas de café no viveiro ATASIM, localizado na comunidade de San Isidro, cantão de Morona, província de Morona Santiago, para isso, foram previamente isolados e quantificados inóculos de fitobioma, sendo a amostra CL-004 a mais adequada, identificada por meio do método ELISA cepas de *Fusarium tabacinum*, *Hormicium* sp., *Fusarium moniliformi*, *Pseudomonas fluorescens*, quatro tratamentos biocatalisadores foram avaliados sob um DCA com doses de 0, 5, 7,5 e 10mL, analisando os resultados com o teste de Tukey com $p < 0,05$ de significância, mostrando diferenças estatisticamente significativas entre o controle e os diferentes tratamentos utilizados, q é analisado Como o crescimento é ótimo quando se utiliza 10 cm³ (T3) no caso de comprimento do caule, raízes e número de folhas, é aconselhável continuar com o conhecimento das características do fitobioma e recomendar seu uso aos produtores.

Palavras-chave: Biocatalizador; Café; Fitobioma; Aumentar.

Introducción

El café es uno de los productos agrícolas que más se consumen a nivel mundial, debido a su agradable sabor y aroma. En el Ecuador se cultivan cafetales de especies arábicas y robustas en aproximadamente 213175 hectáreas en su territorio. La exportación del café ecuatoriano se realiza a nivel mundial (Pozo 2014), el cual aporta con el desarrollo económico del país, gracias a sus diferentes actividades que se realizan como es su producción, comercialización, industrialización y exportación (Villacis y Tito 2016). Según los autores (Acosta y Fuentes 2017) en el Ecuador existe desconocimiento acerca de la prevención y control de enfermedades, fertilización y manejo del cultivo, que se debe tomar en cuenta para así obtener una producción adecuada. Los autores (Villacis y Tito 2016) indican, que los cafetales del Ecuador tienen baja competitividad debido a que desde el vivero no se realiza un adecuado control y manejo del mismo.

En la provincia de Morona Santiago existen aproximadamente 700 ha de cultivo de café según el MAGAP, los cuales se encuentran expuestos a una serie de enfermedades y plagas que reducen el rendimiento del mismo. En la parroquia San Isidro, la cual se encuentra en la provincia de Morona Santiago, pobladores realizan la siembra y cosecha del café. Las plantas presentan plagas y enfermedades, las cuales son controladas con microorganismos recolectados de la montaña.

El café es una planta que se puede multiplicar por viveros, embriones, y por estacas, generalmente la primera es la más utilizada. Es muy común utilizar fertilizantes químicos en las plantas de café en el vivero, los cuales se aplican periódicamente, las plantas permanecen en el vivero de 4 a 6 meses (Adriano et al. 2011). El uso indiscriminado de fertilizantes químicos aporta a la destrucción de ecosistemas, dificulta la preservación de recursos naturales y afecta la salud de la población (Rodríguez, Suárez y Palacio 2014), por esta razón se ha planteado la formulación de un biocatalizador que pueda reemplazar a ya antes mencionados productos químicos.

Según estudios el biocatalizador es un acelerador el cual ayuda en el proceso de crecimiento, además puede ayudar a controlar las plagas y enfermedades que presenta las plantas a lo largo de su vida. La aplicación de un biocatalizador en las plantas de café (*Coffea arabica*), ayuda a mejorar el desarrollo vegetativo del cultivo, teniendo en consideración un crecimiento de hasta el 9% en cuanto a toda la planta (Cuenca 2016). Con el desarrollo de este biocatalizador para plantas de café (*Coffea arabica*) a nivel de vivero, se realizará la evaluación de la florisfera, tallosfera y rizósfera (Falconi 2020). En conjunto con la fundación ATASIM, se pretende realizar la investigación de la evaluación de un biocatalizador que ayude o que mejore la producción del café (*Coffea arabica*) a nivel de vivero. Con la finalidad de obtener una planta sana y vigorosa, que a futuro pueda generar una mejor producción en cuanto al rendimiento y calidad. Además, al momento de utilizar un biocatalizador, se reduce la utilización de químicos que causan un impacto ambiental en el ecosistema.

Materiales y métodos

Ubicación de la zona de estudio

El presente estudio se realizó en dos etapas, primero la toma de muestras de material rizosférico que posteriormente se analizaron en el laboratorio “*Plantsphere Laboratories*” y en la segunda etapa se realizó la evaluación del efecto del biocatalizador sobre las plantulas de café (*Coffea arabica*) en el vivero de la fundación ATASIM, perteneciente a la comunidad San Isidro, del cantón Morona,

Formulación y Evaluación Integral de un Biocatalizador en el Fitobioma Vegetal de Plantas de Café, Macas 2021

provincia de Morona Santiago, la cual se encuentra ubicada a una latitud sur de $2^{\circ}12'23.101''$ S y longitud oeste $78^{\circ}9'59.731''$ O y una altura de 1150 m.s.n.m. como se observa en la figura 1.

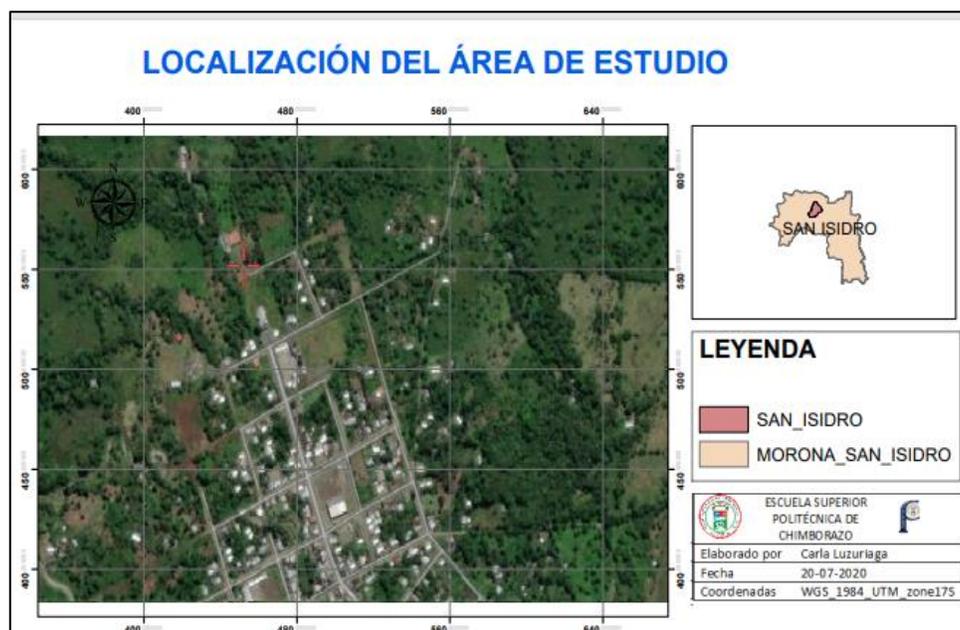


Figura 1. Ubicación del ensayo.

Fase 1: Análisis de la muestra rizosférica

Se tomaron cuatro muestras recolectadas de cuatro plántulas de café de diferente edad, seleccionándolas de acuerdo a los criterios de sanidad vegetal, con el objetivo de evaluar a nivel de laboratorio la formulación del biocatalizador en condiciones naturales y así producir el mejor efecto sobre los sustratos utilizados. Cada una de estas muestras se tomaron a una profundidad de 20 cm. , pues según lo sugerido por (Schweizer 2011) a esta profundidad se realiza el muestreo de raíces y suelo, éstas fueron codificadas de la como se muestra en la tabla 1

Tabla 1. Codificación de las muestras rizosféricas

Lugar	Características	Número de muestras	Codificación
San Isidro	Planta joven, bajo sombra	1 muestra	CL-001

Formulación y Evaluación Integral de un Biocatalizador en el Fitobioma Vegetal de Plantas de Café, Macas 2021

San Isidro	Planta adulta, con enfermedades y plagas	1 muestra	CL-002
San Isidro	Planta en producción, aparentemente sana	1 muestra	CL-003
San Isidro	Planta joven, aparentemente sana	1 muestra	CL-004

Realizado por: Autores (2022)

En cada una de las muestras fueron seleccionadas se evaluaron el ancho y largo de la raíz principal, microcosmo y parámetros físico químicos, posteriormente se realizó el análisis físico químico de cada una de las muestras en las que se agregó el biocatalizador midiendo la masa, el volumen, la densidad, la conductividad eléctrica y el pH de cada uno de los tratamientos.

Aislamiento y cuantificación de microorganismos (root print).

El método consiste en separar una colonia específica de microorganismos de la muestra heterogénea para lo cual a partir de una mezcla de colonias se trata de obtener un cultivo puro de los microorganismos de interés, una vez aisladas todas las cepas de microorganismos se coloca en la incubadora a una temperatura de 28°C tal como lo indica (García 2010) posteriormente se aplica el método de diluciones seriadas para la cuantificación de microorganismos, también descrita por el autor (Zhang et al. 2019), se trabajó con la dilución 10^{-3} . Finalmente, mediante la prueba de Elisa se realizó la identificación de las cepas microbianas.

Fase II. Formulación y evaluación del biocatalizador

De las cuatro muestras que se utilizaron en los ensayos preliminares se escogió la muestra con mayor concentración de fitobioma, sobre la cual se trabajó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cuatro tratamientos, evaluando tres dosis del biocatalizador (5, 7.5 y 10 cm³) frente a un tratamiento testigo (0%) con cuatro repeticiones por tratamiento, estos niveles o dosis de biocatalizador se aplicarían en las plantas de café a nivel de vivero y se realizó la evaluación de los parámetros de crecimiento en cuanto al sistema radicular, tallo y número de hojas, según el modelo estadístico se realizó el análisis comparativo de las varianzas para hallar el mejor tratamiento.

Resultados y discusión

Identificación de microorganismos

A través de pruebas de ELISA se encontraron colonias de: *Fusarium tabacinum*, *Hormicium* sp., *Fusarium moniliformi*, *Pseudomonas fluorescens*, mismos que aportan de manera significativa a los procesos edáficos, que catalizan una serie de reacciones para fijar o solubilizar nutrientes que serán utilizados por los vegetales, esta identificación nos permitió verificar que tipo de microorganismos se encuentran desarrollándose de manera natural y que pueden ser luego inoculados en el suelo, para el repoblamiento de la microbiota.

Basados en los resultados de estos análisis se realizó la selección del material más adecuado para el ensayo con las plántulas del vivero de café, es decir se identificó al **CL- 004**, como muestra en condiciones óptimas para formulación del biocatalizador.

Evaluación del efecto del biocatalizador

Al utilizarse la muestra CL-004 como materia prima en la formulación del biocatalizador mismo que probado con tres dosis diferentes se evaluó e cada uno de ellos: número de hojas por plántula, longitud del tallo expresado en (cm) y la longitud de las raíces, expresada igualmente en (cm), realizando el test de Tukey para separación de medias entre tratamientos con una significancia $p < 0,05$

Número de hojas

La aplicación de biocatalizadores a más de mejorar la disponibilidad de los nutrientes que se encuentran en el suelo, para ser absorbidos directamente por los vegetales, también cumplen la función de aporte nutricional al ser aplicados en el suelo o el forraje, esto se evidencia en la fase de plántulas, en la cual el sistema radicular tiene la capacidad de absorber nutrientes del suelo, los cuales limitan o garantizan el crecimiento y desarrollo de los vegetales, optimizando el gasto energético inicial en el que incurren las plantas desde el proceso de germinación.

Para el desarrollo del área foliar se requiere, una vez que emergen las primeras hojas un adecuado suministro nutricional, el cual garantice un óptimo crecimiento de todas las estructuras fisiológicas de los vegetales, lo cual es una muestra de la importancia de la composición del sustrato en que se desarrollan las plántulas, sumado la acción de los biocatalizadores que ayudan al desarrollo del cultivo, facilitando la labor de las raíces y la formación de nuevas hojas, con lo cual se acelera el

Formulación y Evaluación Integral de un Biocatalizador en el Fitobioma Vegetal de Plantas de Café, Macas 2021

crecimiento general del cultivo (Díaz y Iza 2017) lo que se puede apreciar en el gráfico 2, en la cual durante la primera semana el número de hojas es similar en todos los tratamientos; a partir de la segunda semana se observa una clara diferencia, la cual se hace más notoria en la cuarta semana, ya que los resultados del tratamiento T3 (10 cm^3) son los más altos, seguido del tratamiento T2 ($7,5 \text{ cm}^3$) y el tratamiento testigo muestra los valores más bajos, lo cual coincide con otros investigadores que han utilizado diferentes productos para mejorar el desarrollo de las plántulas (Abad, 2016, p. 90) y en los primeros días no se ha visto diferencias significativas.

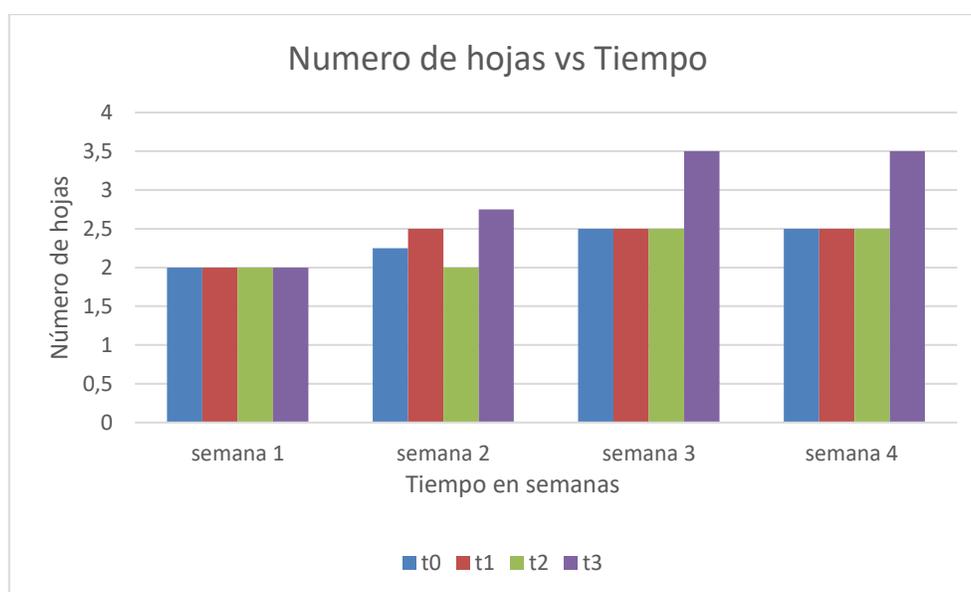


Gráfico 1: Número promedio de hojas por plántula en cada tratamiento

Realizado por: Autores, 2022.

En el gráfico 2, se evidencia que el tratamiento T3 cuya dosis es de (10 cm^3), presenta diferencias significativas, según la prueba de Tukey, frente al resto de tratamientos para un nivel $p < 0.05$, con relación al resto de los tratamientos T2 ($7,5 \text{ cm}^3$), T1 (5 cm^3), T0 (testigo), de aplicación de biocatalizador, lo cual indica que la dosis aplicada genera efectos benéficos sobre las plántulas, es decir que dosis mayores de biocatalizador muestran una mejor respuesta, tal como reportan (Adriano et al. 2011 p.12) indicando que se alcanza rápidamente los efectos esperados al aumentar la dosis desde T2 (7.5 cm^3) hasta T3 (10 cm^3).

Caso muy diferente a lo observado en las dosis menores, de T0 (testigo) a T1 (5 cm^3), ya que en dosis menores una muestra del accionar del biocatalizador es la acción de suplir un elemento o factor que

está en condiciones de deficiencia o escasez, el cual afecta al normal desarrollo de la planta, característica que coincide con lo reportado por (Morales-garcía 2016) usando bioinsumos para mejorar el crecimiento de las plántulas, se debe determinar las dosis mínimas de cada cultivo, sobre las cuales el producto aplicado actúe eficientemente, tal como sugiere Adriano et al. 2011 p.12

Tabla 2: Prueba Tukey para número de hojas.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3,922	3	1,307	3,260	0,028
Intersección	405,016	1	405,016	1009,909	0,000
Tratamiento	3,922	3	1,307	3,260	0,028
Error	24,063	60	0,401		
Total	433,000	64			
Total, corregida	27,984	63			

Longitud del tallo

La longitud del tallo nos muestra la velocidad con la que crece la planta a nivel de vivero, en el gráfico 3 observamos el desarrollo de la altura del tallo, en el cual el tratamiento testigo T0 se mantiene por debajo del resto de los tratamientos, incluso desde la primera semana de evaluación, y el tratamiento T3, cuya dosis es (10 cm³) y el T2 (7,5 cm³) se mantienen en general como los mejores, lo cual indica la acción del biocatalizador, ya que mediante la acción de la radiación solar y la provisión de agua el vegetal en esta estructura generará la fortaleza y sostén para la planta, lo cual determinará en el futuro la capacidad del vegetal para soportar tanto las hojas como los frutos y las variaciones de las condiciones climáticas que enfrentará una vez que esté en campo.

Es importante destacar que aun cambios pequeños en la longitud del tallo pueden producir importantes diferencias en el desarrollo posterior de la planta, relacionado directamente con el

aumento en el grosor y peso de la planta (Peña y Cely, 2011, p. 81), lo que permite tener mejores condiciones en la competencia por los recursos nutricionales en el campo después del trasplante.

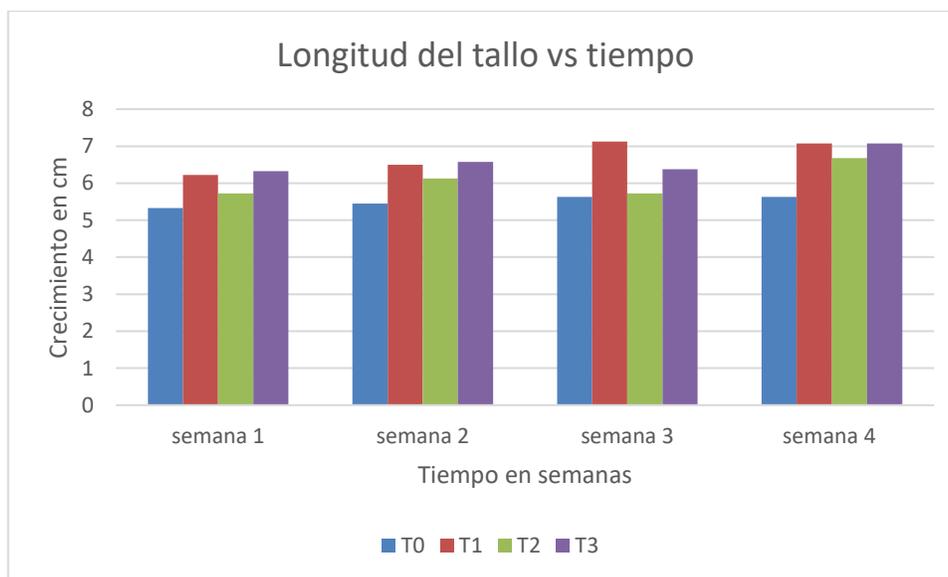


Gráfico 2. Longitud del tallo (cm) promedio por plántula en cada tratamiento

Realizado por: Autores, 2022.

El análisis estadístico muestra diferencias altamente significativas, para el tratamiento T3 (10 cm³) de aplicación del biocatalizador, que mostraron valores altos en el crecimiento del tallo; sin embargo, estos resultados difieren de los obtenidos por Ochoa et al. (2017, p. 10), quienes encontraron que la utilización de ácidos húmicos y fúlvicos no mostraron diferencias en el crecimiento del tallo, en las dosis utilizadas. Sin embargo, se debe tener presente que este producto también puede incidir en otros parámetros como el grosor del tallo, lo cual puede encubrir el efecto que sobre el crecimiento del mismo.

En la tabla se puede observar la prueba de medias para la longitud del tallo en cm, la cual nos indica que existe una diferencia significativa con la dosis T3 de 10 cm³, en la comparación de las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos. Además, también presentando un rango mayor de crecimiento en comparación con las diferentes dosis.

Formulación y Evaluación Integral de un Biocatalizador en el Fitobioma Vegetal de Plantas de Café, Macas 2021

Tabla 3: Prueba de medias para la longitud del tallo (cm) en los diferentes tratamientos

	Tratamiento	N	Subconjunto		
			1	2	3
Prueba de Tukey	Testigo	16	5,5063		
	Dosis 5 cm ³	16	6,0625	6,0625	
	Dosis 7,5 cm ³	16		6,5875	6,5875
	Dosis 10 cm ³	16			6,8188
	Sig.		0,944	0,124	0,758

Realizado por: Autores, 2022

Longitud de la raíz

En la medición de la longitud de las raíces de las plántulas de café a nivel de vivero es posible observar diferencias, desde la primera semana de aplicación del biocatalizador (Gráfico 4), lo cual significa que la raíz absorbe los compuestos del biocatalizador, dotando al vegetal un desarrollo más vigoroso desde la base hacia las diferentes estructuras superiores de la planta, relación directa y equilibrada durante todo el ciclo fenológico del café, tal como indica Arcila, (2020, p. 30) por lo cual los efectos se notan de manera más temprana que en caso del crecimiento tanto del tallo como de las hojas.

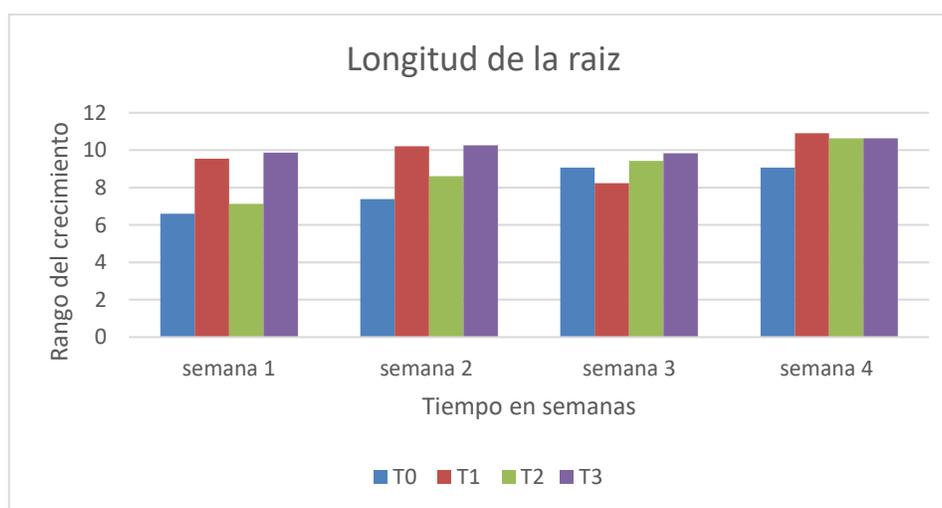


Gráfico 3. Longitud de las raíces (cm) promedio por plántula en cada tratamiento

Realizado por: Autores, 2022

Formulación y Evaluación Integral de un Biocatalizador en el Fitobioma Vegetal de Plantas de Café, Macas 2021

En el gráfico se puede observar que en la primera semana el crecimiento a nivel de raíz fue mayor en el tratamiento T3, cuya dosis es de 10 cm³, el mismo que se mantuvo durante la segunda semana, en la semana 3 se logró analizar valores similares en todos los tratamientos, sin embargo, el tratamiento testigo fue el que presentaba un menor crecimiento, continuando con T3 como el mejor tratamiento. En la cuarta semana las longitudes de las raíces variaron de manera significativa en comparación con el tratamiento testigo.

Dicho tratamiento testigo con una dosis de 0 cm³ a lo largo de las cuatro semanas, fue el que presentó un menor crecimiento con respecto a la raíz, por lo cual las diferencias entre el tratamiento testigo y el resto de los tratamientos aumentó las variaciones de longitud, por lo que al parecer el efecto de las diferentes dosis se diluye a partir de la cuarta semana, pero se hace más visible respecto al testigo que no tiene el beneficio proporcionado por el biocatalizador, similar al reportado por Lino (2020, p. 95) en sus estudios, y por Franco (2018, p. 67), que muestran un efecto sobre el crecimiento de la raíz, proporcionando una ventaja comparativa con respecto al desarrollo de otras plantas, mejorando su capacidad de desarrollo y supervivencia.

Tabla 4: Pruebas de los efectos inter-sujetos

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	55,976	3	18,659	3,861	0,014
Intersección	6048,951	1	6048,951	1251,707	0,000
Tratamiento	55,976	3	18,659	3,861	0,014
Error	289,954	60	4,833		
Total	6394,880	64			
Total, corregida	345,929	63			

Realizado por: Autores, 2022

Formulación y Evaluación Integral de un Biocatalizador en el Fitobioma Vegetal de Plantas de Café, Macas 2021

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los tratamientos, testigo T0 y el tratamiento T3 de 10 cm³, siendo menor el tratamiento testigo. Es interesante destacar que estadísticamente los tratamientos que se aplicó el biocatalizador mostraron un resultado similar entre ellos, por lo cual forman un grupo indiferenciado, con el tratamiento testigo.

Esta diferencia en el crecimiento de la longitud de la raíz muestra diferencias muy importantes desde la primera semana, y esto puede constituir una diferencia importante en la calidad final de las plántulas, debido a que mejoran la capacidad de absorción y de sostén de las plantas teniendo mayor volumen radicular, con lo que su desarrollo general permitirá un mejor comportamiento cuando este en campo, tal como expresan Viñals-Núñez et al. (2017, p. 35) en el sentido de resultar económicamente beneficiosos al tener plantas robustas y provistas de un buen sistema radicular para que al momento de trasplante se tenga el prendimiento adecuado, con un mejor desarrollo tanto de la parte aérea como la radical (González y Castro, 2009, pp. 6). El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los tratamientos, particularmente entre el tratamiento T3 de 10 cm³, cumpliendo con el supuesto de significancia de Tukey < 0,05

Tabla 5: Prueba de medias para la longitud de la raíz (cm) en los diferentes tratamientos

	Tratamiento	N	Subconjunto	
			1	2
Prueba de Tukey	Testigo	16	8,1625	
	Dosis 5 cm ³	16	9,8438	9,8438
	Dosis 7,5 cm ³	16		10,3438
	Dosis 10 cm ³	16		10,5375
	Sig.		0,145	0,809

Realizado por: Autores, 2022.

En la tabla 5 se puede observar la prueba de medias para la longitud de la raíz, la cual nos indica que existe una diferencia significativa con la dosis de 10 cm³, del tratamiento T3, ya que presenta un mayor incremento en la comparación de las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Conclusiones

En el análisis a nivel rizosférico mostró que la mejor muestra para la formulación del biocatalizador es la de la planta joven y sana codificada como CL-004, debido a que presenta condiciones óptimas para el crecimiento; en el biocatalizador se pudieron identificar mediante una prueba Elisa cepas de *Fusarium tabacinum*, *Hormicium* sp., *Fusarium moniliformi*, *Pseudomonas fluorescens*. Finalmente, la aplicación del biocatalizador que mostró los mejores efectos fue la del tratamiento T3 (10mL) sobre el número de hojas analizadas en las plántulas, la longitud del tallo y la longitud de la raíz dotando a las plantas de firmeza, crecimiento longitudinal, crecimiento radicular que contribuyen a una mejor absorción de agua y nutrientes de manera general.

Referencias

1. ACOSTA, D.V. y FUENTES, J., 2017. Adaptación de dos variedades de café robusta (*Coffea canephora*) con fuentes diferentes de fertilizantes en el primer año del cultivo . S.I.: Universidad Central del Ecuador.
2. ADRIANO, M., JARQUÍN, R., HERNÁNDEZ, C., FIGUEROA, M. y MONREAL, C., 2011. Biofertilización De Café Orgánico En Etapa De Vivero En Chiapas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 2, no. 3, pp. 417-431. ISSN 2007-0934.
3. CUENCA, D., 2016. Estudio de la fertilización orgánica sobre algunas propiedades químicas del suelo y el desarrollo fenológico del cultivo de café. S.I.: Universidad Técnica Particular de Loja.
4. DIAZ, L. y IZA, C., 2017. AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE MICROORGANISMOS BIOCATALIZADORES DE CENIZA VOLCÁNICA EN SUELOS AGRÍCOLAS DE TUNGURAHUA. S.I.: Universidad Central del Ecuador.
5. FALCONI, C., 2020. BIOCATALIZACIÓN AGRONÓMICA DE LOS CULTIVOS (BcAC). , pp. 117.
6. GARCÍA, E., 2010. PRÁCTICAS DE MICROBIOLOGÍA. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
7. MORALES-GARCÍA, Y.E., 2016. Instituciones de Educación Superior La labor investigadora e innovadora en México. México: Science Associated Editors L.L.C. ISBN 1-944162-16-X.

8. POZO, A.C., 2014. Análisis de los factores que inciden en la producción de café en el Ecuador 2000 – 2011. S.l.: Universidad Católica del Ecuador.
9. RODRÍGUEZ, A., SUÁREZ, S. y PALACIO, D., 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, vol. 52, no. 3, pp. 372-387. ISSN 15613003.
10. SCHWEIZER, S., 2011. Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Costa Rica: INTA/MAG. ISBN 978-9968-586-08-5.
11. VILLACIS, P. y TITO, A., 2016. «Comportamiento agrónomo de cinco variedades de café (*Coffea arábica* L.), sometido a diferentes aplicaciones foliares de Biol». S.l.: Universidad de las Fuerzas Armadas.
12. ZHANG, S.J., BRUYN, F. De, POTHAKOS, V., TORRES, J., FALCONI, C., MOCCAND, C., WECKX, S. y VUYST, L. De, 2019. Crossm Following Coffee Production from Cherries to Cup : Microbiological and Metabolomic Analysis of Wet Processing. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 85, no. 6, pp. 1-22.

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).