

Efectos de la aplicación de microorganismos de montaña en la producción de plántulas de café

Effects of the Application of Mountain Microorganisms on Coffee Seedling Production



<https://cu-id.com/2177/v33n3e07>

Diana C. Medina-Valencia*, Aida Z. Lizcano-Rojas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente ECPAMA, La Plata Huila, Colombia.

RESUMEN: La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos de montaña (MM) en la producción de plántulas de café. Se utilizaron dos viveros (A y B) con aplicaciones de tratamientos semanales y quincenales. Se midió la altura de las plantas, la longitud de las hojas y raíces, así como el contenido de materia seca (MS). Los resultados mostraron que el Vivero A, con tratamientos semanales, tuvo un mayor crecimiento en altura y longitud de hojas en comparación con el Vivero B. En la primera medición, el Vivero A acumuló más MS foliar que el Vivero B. Sin embargo, a medida que avanzaba el tiempo, ambos viveros experimentaron una disminución en el MS. En la longitud de las raíces, se observó variabilidad en ambos viveros a lo largo de las mediciones. Los tratamientos con MM de bosque y café en el Vivero A mostraron una mayor acumulación de MS foliar en la primera medición. En conclusión, la aplicación de MM, especialmente con mayor frecuencia, promovió el crecimiento de las plántulas de café. Los resultados muestran la necesidad de análisis detallados para comprender las condiciones óptimas para el desarrollo de raíces. La disminución del MS con el tiempo es una respuesta natural al crecimiento activo y por tanto el aumento del requerimiento nutricional de las plántulas. Estos resultados respaldan estrategias basadas en MM para una producción sostenible de plántulas de café.

Palabras clave: Microorganismos, producción, efectos, plántulas, café, agroecosistemas.

ABSTRACT: This research aimed to assess the impact of applying mountain microorganisms (MM) on coffee seedling production. Two nurseries (A and B) were used with weekly and bi-weekly treatment applications. Plant height, leaf and root lengths, and dry matter content (DM) were measured. Results showed that Nursery A, with weekly treatments, exhibited greater height and leaf length growth compared to Nursery B. In the initial measurement, Nursery A accumulated more leaf DM than Nursery B. However, over time, both nurseries experienced a decline in DM. Root length variability was observed in both nurseries throughout the measurements. Treatments with MM from forest and coffee systems in Nursery A showed higher leaf DM accumulation in the initial measurement. In conclusion, MM application, especially with higher frequency, promoted coffee seedling growth. The results emphasize the need for detailed analysis to understand optimal root development conditions. The decline in DM over time is a natural response to active growth, indicating increased nutritional requirements. These findings support MM-based strategies for sustainable coffee seedling production.

Keywords: Nursery, Treatment, Forest, Growth, Agroecosystems.

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos de montaña, que se encuentran de manera natural en diversos entornos, han sido objeto de investigación, demostrando de

manera concluyente que estos microorganismos desempeñan un papel esencial en el ámbito agrícola, con efectos altamente beneficiosos para los cultivos (Campo-Martínez *et al.*, 2014).

*Autora para correspondencia: Diana C. Medina Valencia, e-mail: crisrina.medina@unad.edu.co

Recibido: 22/11/2023

Aceptado: 14/06/2024

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses

CONTRIBUCIONES DE AUTOR: **Conceptualización:** Diana C. Aida Z. **Curación de datos:** Diana C. Medina, Aida Z. Lizcano. **Análisis formal:** Diana C. Medina, Aida Z. Lizcano. **Investigación:** Diana C. Medina, Aida Z. Lizcano. **Metodología:** Diana C. Medina. **Supervisión:** Diana C. Medina, Aida Z. Lizcano. **Validación:** Diana C. Medina, **Visualización:** Diana C. Medina, Aida Z. Lizcano. **Redacción-borrador original:** Diana C. Medina, Aida Z. Lizcano. **Redacción, revisión y edición:** Diana C. Medina, Aida Z. Lizcano.

Artículo bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Los microorganismos de montaña desempeñan un papel clave en la protección de cultivos de patógenos y plagas a través de procesos de antagonismo, lo que resulta en cultivos más resistentes y saludables (Ararat, 2013; Apraez-Muñoz, 2016; Gil y Díaz, 2016; Flechas-Bejarano, 2020). Además, al participar en procesos de fermentación, contribuyen a la mejora de las condiciones del suelo, lo que se traduce en un aumento en la asimilación de nutrientes por parte de las plantas y, como resultado, en un crecimiento más vigoroso (Umaña *et al.*, 2017).

Estos microorganismos participan activamente en la descomposición de materia orgánica en el suelo, un proceso fundamental para la disponibilidad de nutrientes esenciales. Así mismo, contribuyen a la mineralización de nutrientes, facilitando la liberación de minerales vitales para el crecimiento de las plantas. Además, su papel en la nitrificación, la conversión de amonio en nitratos incrementa la disponibilidad de nitrógeno, un nutriente esencial, para las plantas cultivadas (Campo-Martínez *et al.*, 2014).

Para asegurar la calidad y trazabilidad del café en un cultivo perenne, como el café, es fundamental implementar las mejores prácticas y tecnologías desde las etapas iniciales, como el germinador y el almácigo (Alvarado *et al.*, 2013; Farfan *et al.*, 2015; Bello-Ramírez *et al.*, 2016). Esto no solo permite reducir costos, sino también brinda un mayor control sobre el manejo de los almácigos, lo que asegura una alta probabilidad de lograr una productividad óptima en los campos (Farfan *et al.*, 2015).

El manejo agronómico del almácigo de café es muy importante para garantizar un cultivo saludable y productivo. Existen diversas alternativas que van desde el manejo orgánico hasta el manejo químico, y una opción interesante podría ser el uso de microorganismos de montaña como biofertilizantes (Arcila *et al.*, 2007).

Esta investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de los microorganismos de montaña (MM) provenientes de sistemas agroecológicos café y bosque natural, para la producción de plántulas de café, como alternativa para el manejo orgánico, con recursos encontrados agroecosistemas de la región, esto no solo conlleva el potencial de una reducción sustancial de los costos de producción, sino también promueve un enfoque más sostenible en la caficultura (Farfan *et al.*, 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La captura de microorganismos se realizó en la finca Sinaí de la Vereda Betania del municipio de La Argentina Huila en dos sistemas agroecológicos de la región: Un sistema bosque, que está constituido por una vegetación de tipo secundario aislado, con

vegetación típica de la zona de selva virgen y un sistema de café adulto con 15 años de establecido, en asocio con macadamia (*Macadamia Integrifolia*), leucaena (*Leucaena leucocephala*), plátano dominico (*Musa sapientum*), guamos (*Inga sp.*), certificado bajo el sello Rain Forest Alliance, que presenta un 70 % en fertilización orgánica y baja utilización de agroquímicos.

Captura de microorganismos

Se empleó un método de recolección de microorganismos que involucra la preparación de un sustrato a base de arroz. Para ello, se cocinó un kilogramo de arroz sin sal durante un período de 15 minutos hasta alcanzar una textura semiblanda. Luego, se distribuyó este sustrato en recipientes desechables, que se cubrieron con tela de nailon y se aseguraron con bandas elásticas. Estos recipientes se llevaron a los diferentes sistemas agrícolas con el fin de permitir que los organismos colonizaran el sustrato (Collazos-Romo, 2011).

Activación de microorganismos

Luego de 20 días, las mezclas de cada sistema se licuaron por separado, incorporando un kilogramo de melaza y seis litros de agua hervida en cada tratamiento. Estas mezclas se fermentaron durante 15 días, siendo el momento adecuado para su aplicación en el cultivo cuando se observaron pequeñas acumulaciones de levadura blanca en la superficie y se percibió el característico aroma agrídulce. La aplicación se realizó mediante una bomba, distribuyendo la mezcla sobre las hojas del cultivo y el suelo (Collazos-Romo, 2011).

Almácigos de café Variedad Castilla

Para llevar a cabo la investigación, se establecieron dos viveros destinados a la producción de plántulas de café de la variedad Castilla Zona Sur., en la Finca Buenos Aires de la vereda el Retiro, zona cafetera del Municipio de La Plata Huila, con una altura de 1460 m.s.n.m, una temperatura que oscila entre 22 °C - 25°C, clima cálido, precipitación promedio de 3.5 mm en el día y en la noche 1.8 mm, y humedad relativa entre el 97% - 99%.

Aplicación de Tratamientos

La [Tabla 1](#), muestra los diferentes tratamientos aplicados, junto con su composición. Para T1 y T2 se puede expresar como una dilución del 1:1 (1 parte de MM de bosque y 1 parte de melaza en 2 partes de agua). En los tratamientos T3 y T4, la dilución se basa principalmente en la concentración de los sólidos o componentes adicionales en el agua, y no se puede expresar de la misma manera que en los tratamientos T1 y T2.

TABLA 1. Composición de los tratamientos

Tratamiento	Composición
T1	50 ml de MM de bosque + 50 ml de melaza + 1 lt de agua
T2	50 ml de MM de Sistema de Café + 50 ml de melaza + 1 lt de agua
T3	20 gr de Safer Soil + 50 ml de melaza + 1 lt de agua
T4	Testigo (20gr Rebrote/Master+ 1 lt de agua)

Fuente: [Lizcano \(2023\)](#) .

Medición de Variables

Se realizaron tres mediciones de las variables de desarrollo fisiológico de las plántulas a partir de los 70 días posteriores a su establecimiento, con un intervalo de 15 días entre cada medición. Las variables medidas fueron:

Altura de la plántula: esta medida se tomó en centímetros, calculando la distancia desde el suelo hasta la parte más alta de cada planta en su estado natural, que corresponde a la última hoja formada ([Toledo, 1982](#)).

Largo de hoja: se midió la longitud máxima de la hoja, desde un extremo hasta el otro, abarcando toda la longitud de la hoja en su punto más largo ([Toledo, 1982](#)).

Longitud de Raíz: la longitud de la raíz se midió en centímetros, desde la base del tallo hasta el extremo más largo de la raíz ([Toledo, 1982](#)).

Materia seca (hojas y raíces): para determinar la cantidad de materia seca, se tomaron tres plantas de cada tratamiento y se pesaron en una balanza analítica. Luego, se sometieron a un proceso de secado en un horno de microondas a una temperatura de 80°C durante 1 hora, hasta que las muestras estuvieron completamente secas. Posteriormente, se pesó el material seco y se calculó el porcentaje de materia seca utilizando la fórmula:

$\% \text{ Materia seca} = (\text{PS} / \text{Pf}) * 100$, donde PS representa el peso seco de la muestra y Pf es el peso fresco de la muestra ([Ararat, 2013](#)).

Tipo de Investigación

En la [Figura 1](#), se ilustra la disposición en el campo del diseño experimental. Los viveros se organizaron en función del factor de aplicación, es decir, uno con aplicaciones semanales y otro con aplicaciones cada dos semanas. Cada uno de estos viveros se subdividió en 3 bloques, y en cada bloque se aplicaron tres repeticiones de cuatro tratamientos diferentes ([Lizcano, 2023](#)).

Se utilizó como herramienta estadística el programa SAS (statistical analysis system) para determinar y comparar los promedios estadísticos de las diferentes variables evaluadas.

RESULTADOS

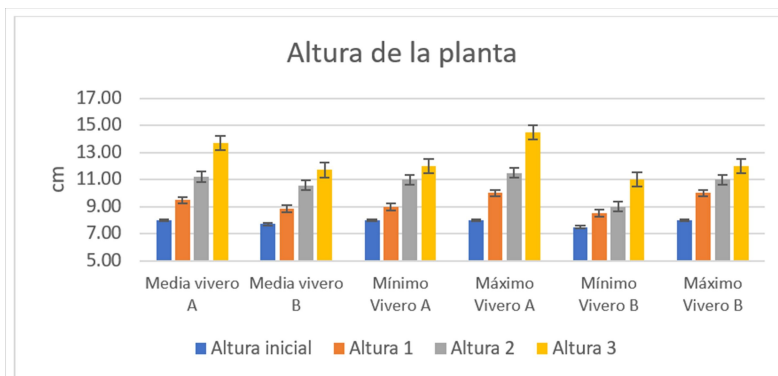
En la [Figura 2](#), se compara la altura promedio de las plantas entre el Vivero A y el Vivero B. Los resultados indican que las plantas en el Vivero A, donde se aplicaron tratamientos cada semana, son más altas que las del Vivero B.

En la [Figura 3](#), se contrastan las longitudes de las hojas de las plántulas entre el Vivero A y el Vivero B. Los datos revelan que el Vivero A presenta mediciones de longitud foliar son superiores en comparación con el Vivero B.



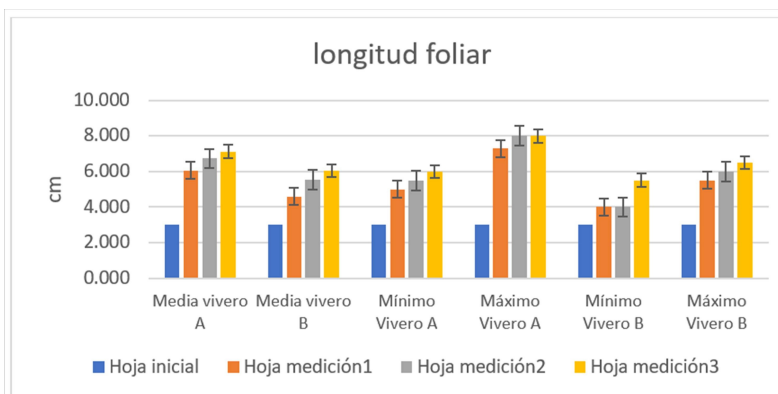
Fuente: [Lizcano \(2023\)](#) .

FIGURA 1. Disposición en campo del diseño experimental.



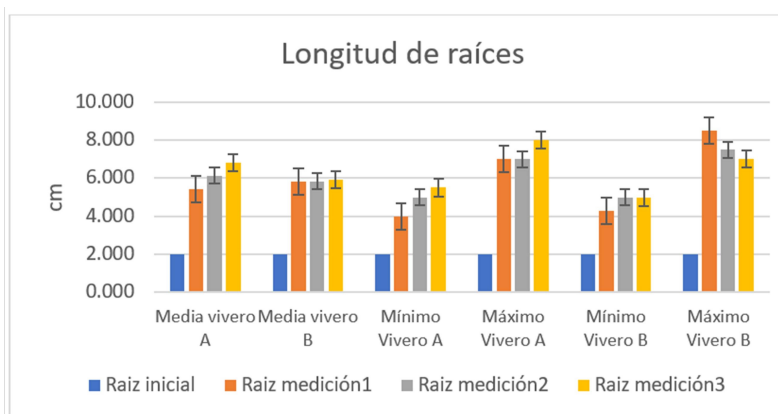
Fuente: [Lizcano \(2023\)](#).

FIGURA 2. Gráfica de Altura de Plata.



Fuente: [Lizcano \(2023\)](#).

FIGURA 3. Gráfica de Longitud foliar.



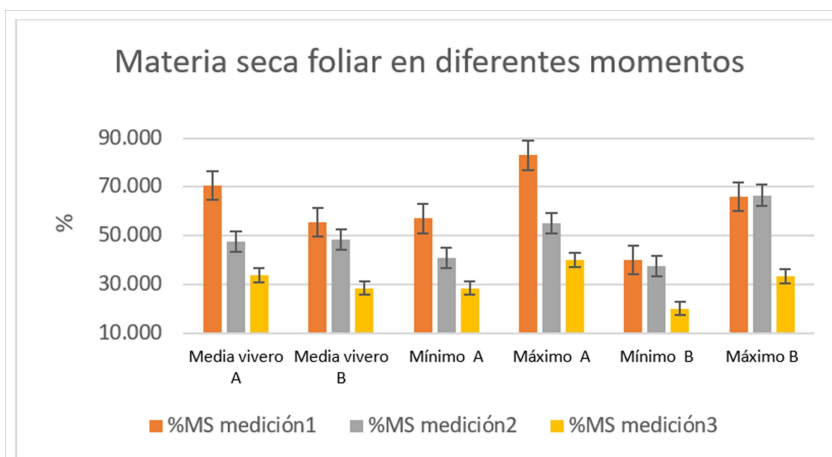
Fuente: [Lizcano \(2023\)](#).

FIGURA 4. Gráfica de Longitud de Raíz.

En la [Figura 4](#), se compara la longitud de las raíces de las plántulas entre el Vivero A y el Vivero B. Se observa que en el Vivero A se presenta un crecimiento de la longitud de raíz desde la segunda medición, mientras que en el Vivero B su crecimiento es menor.

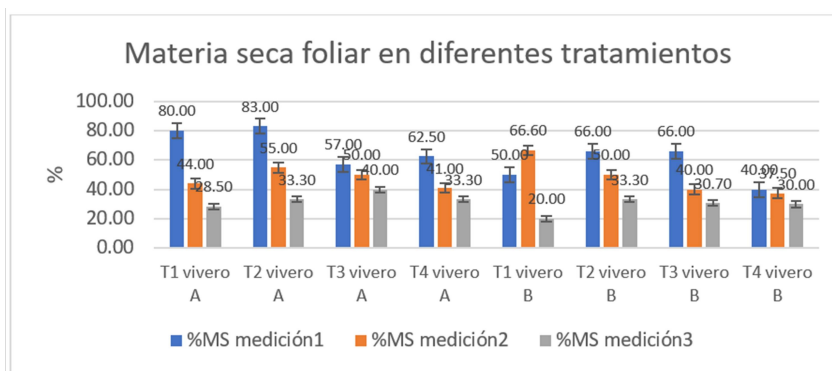
En la [Figura 5](#), se compara las mediciones la materia seca en diferentes momentos, y se evidencia que a medida que transcurre el tiempo, los promedios de materia seca disminuyen tanto en el Vivero A como en el Vivero B.

En la [Figura 6](#), se observa que los valores de materia seca foliar en el Vivero A tienden a ser más altos en comparación con el Vivero B en las tres mediciones. En el Vivero A, los tratamientos T1 y T2 muestran los valores más altos de materia seca foliar en la medición 1. El Vivero B muestra una mayor variabilidad en los valores de materia seca entre las mediciones y los tratamientos en comparación con el Vivero A.



Fuente: [Lizcano \(2023\)](#).

FIGURA 5. Gráfica de Materia Seca en diferentes momentos.



Fuente: [Lizcano \(2023\)](#).

FIGURA 6. Gráfica de Materia seca foliar en diferentes tratamientos.

DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación sugieren que las plántulas en el Vivero A tienden a crecer más rápido y alcanzar alturas promedio superiores en comparación con el Vivero B, también tienden a desarrollar hojas más largas en comparación con las del Vivero B a lo largo del tiempo. Estos hallazgos respaldan la idea de que la frecuencia y tipo de tratamientos aplicados en el Vivero A tienen un impacto positivo en el crecimiento de las plántulas de café. Sin embargo, es importante considerar la variabilidad en los resultados y realizar un análisis más detallado para comprender completamente las condiciones óptimas que afectan el crecimiento de las plántulas de café.

Además, indican una variabilidad en el crecimiento de las raíces de las plántulas en ambos viveros a lo largo de las mediciones, lo que sugiere que este proceso no sigue un patrón constante. Si bien en algunas mediciones, el Vivero A muestra raíces más largas, en la medición inicial.

Estos hallazgos subrayan la complejidad del crecimiento de las raíces de las plántulas de café y sugieren que múltiples factores pueden estar influyendo en este proceso, como los tratamientos

aplicados, las condiciones del suelo, la disponibilidad de nutrientes y otros factores ambientales. Por lo tanto, se concluye que se requiere un análisis más detallado y una evaluación minuciosa de estos factores para comprender completamente las condiciones óptimas que impactan en el desarrollo de las raíces de las plántulas de café en ambos viveros. Esta información es crucial para tomar decisiones informadas sobre prácticas de cultivo y manejo en la producción de café y para lograr un crecimiento óptimo de las plántulas.

Las mediciones de materia seca proporcionan información importante sobre el contenido de sólidos en las plántulas de café, lo que puede relacionarse con su salud y estado de crecimiento. En general, las plántulas en el Vivero A muestran porcentajes de materia seca más altos en la primera medición (70.625%) en comparación con el Vivero B (55.500%). Esto indica que, al principio del estudio, las plántulas en el Vivero A acumulan más materia seca en sus tejidos.

Sin embargo, en las mediciones posteriores, se observa una disminución en los porcentajes de materia seca tanto en el Vivero A como en el Vivero B. En la tercera medición, el Vivero A tiene un %MS

de 33.775%, mientras que el Vivero B tiene un %MS de 28.500%. Esto sugiere que a medida que transcurre el tiempo, las plántulas en ambos viveros están perdiendo materia seca en sus tejidos.

La disminución en los porcentajes de materia seca a medida que avanza el tiempo es una respuesta natural al crecimiento y desarrollo activo de las plántulas de café, así como a la interacción de múltiples factores, incluyendo tratamientos, condiciones ambientales y las fases cambiantes de desarrollo. Esta es una dinámica común en las plantas y refleja la redistribución de recursos y nutrientes a medida que las plantas se adaptan a sus necesidades cambiantes.

Los resultados de los porcentajes de materia seca foliar en los diferentes tratamientos y mediciones en los viveros A y B muestran algunas tendencias interesantes, en la medición 1, los tratamientos en el Vivero A muestran valores de materia seca foliar notablemente más altos en comparación con el Vivero B, esto indica que, en el Vivero A, donde los tratamientos se aplicaron semanalmente, las plántulas tuvieron una mayor acumulación de materia seca en las hojas en la etapa inicial del estudio. En las mediciones posteriores, aunque los valores disminuyen tanto en el Vivero A como en el Vivero B, el Vivero A sigue manteniendo valores más altos en general. Esto sugiere que, a lo largo del tiempo, las plántulas en el Vivero A continúan teniendo una mayor concentración de materia seca en sus hojas en comparación con el Vivero B, a pesar de la disminución en ambos casos.

En el Vivero A, los tratamientos T1 y T2 muestran los valores más altos de materia seca foliar en la medición 1. Estos tratamientos incluyen microorganismos capturados en un sistema de bosque y un sistema de café, respectivamente. Esto sugiere que la introducción de estos microorganismos podría haber estimulado la acumulación de materia seca en las hojas en la etapa inicial. En el Vivero B, se observa una mayor variabilidad en los valores de materia seca entre las mediciones y los tratamientos en comparación con el Vivero A; esto podría deberse a la respuesta variable de las plántulas a los tratamientos o a otros factores que influyen en el contenido de materia seca.

Estos resultados indican que la frecuencia de aplicación de tratamientos y la composición de estos tienen un impacto en la concentración de materia seca foliar en las plántulas de café. Además, el Vivero A muestra valores más altos de materia seca en general, lo que sugiere que la aplicación semanal de tratamientos podría ser más efectiva para promover la acumulación de materia seca en las hojas. La variabilidad en los resultados del Vivero B sugiere que la respuesta a los tratamientos puede ser más variable en ese entorno. Estos hallazgos son relevantes para comprender cómo mejorar el crecimiento y desarrollo de las plántulas de café en viveros y pueden guiar

estrategias de manejo nutricional en la producción de café.

CONCLUSIONES

En general, las plántulas en el Vivero A muestran porcentajes de materia seca más altos en la primera medición (70.625%) en comparación con el Vivero B (55.500%). Esto indica que, al principio del estudio, las plántulas en el Vivero A acumulan más materia seca en sus tejidos.

Sin embargo, en las mediciones posteriores, se observa una disminución en los porcentajes de materia seca tanto en el Vivero A como en el Vivero B. En la tercera medición, el Vivero A tiene un %MS de 33.775%, mientras que el Vivero B tiene un %MS de 28.500%. Esto sugiere que a medida que transcurre el tiempo, las plántulas en ambos viveros están perdiendo materia seca en sus tejidos.

La aplicación de microorganismos de montaña, especialmente con mayor frecuencia, promovió el crecimiento de las plántulas de café.

Los resultados respaldan estrategias basadas en microorganismos de montaña para una producción sostenible de plántulas de café.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, G.; POSADA, H.E.; CORTINA, H.A.: *Castillo: Nueva variedad de café con resistencia a la roya*, no. 0120-0178, Inst. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), 2013.
- APRAEZ-MUÑOZ, J.J.: *Efecto del sombreado sobre el crecimiento y la fisiología del café (Coffea arabica L) Variedad Castillo® en el municipio de la Florida Ecotopo 221A de Nariño.*, Inst. Universidad de Nariño, Nariño, Columbia, Publisher: Universidad de Nariño, 2016.
- ARARAT, M.: *Influencia de la nutrición mineral y la actividad biológica rizosférica en la disminución del daño ocasionado por Phytophthora cinnamomi Rands en plántulas de Aguacate (Persea americana Mill)*, Universidad Nacional de Colombia, Tesis de Doctorado, Colombia, Publisher: Tesis de Doctorado) Universidad Nacional de Colombia, 2013.
- ARCILA, J.; FARFÁN, F.; MORENO, A.; SALAZAR, L.F.; HINCAPIÉ, E.: *Sistemas de producción de café en Colombia*, 2007, ISBN: 958-98193-0-3.
- BELLO-RAMÍREZ, L.A.; DAZA-HERNÁNDEZ, D.C.; FORERO-SARMIENTO, J.E.; LINARES-BAUTISTA, M.A.; LESMES-VESGA, R.A.: "Evaluación de tratamientos pre-germinativos en semillas de café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo", *Revista Sennova: Revista Del Sistema De Ciencia, Tecnología E Innovación*, 2(1): 136-161, 2016, ISSN: 2619-3973.

- CAMPO-MARTÍNEZ, A.P.; ACOSTA-SÁNCHEZ, R.I.; MORALES-VELASCO, S.; PRADO, F.: “Evaluación de microorganismos de montaña (mm) en la producción de acelga en la meseta de Popayán”, *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 12(1): 79-87, 2014.
- COLLAZOS-ROMO, A. *Proceso de certificación de la unidad productiva de café especial la sultana de la universidad del cauca, Municipio de Timbío*, Universidad Del Cauca, Facultad De Ciencias Agropecuarias, Ingeniería Agropecuaria, Tesis Ingeniero Agropecuario, Popayán, Colombia, 2011.
- FARFAN, F.; SERNA, C.; SÁNCHEZ, P.M. “Almácigos para cafcultura orgánica alternativas y costos”, *Avances Técnicos Cenicafe*, 452: 1-8, 2015, ISSN: 0120-0178.
- FLECHAS-BEJARANO, N. “Fisiología del almacenamiento de semillas de café”, *Memorias Seminario Científico Cenicafe*, 71: e71116-e71116, 2020, ISSN: 2954-579X.
- GIL, C.A.I.; DÍAZ, L.J.: “Evaluación de tipos de contenedores sobre el crecimiento radical de café (Coffea arábica L. cv. Castillo) en etapa de vivero”, *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(1): 125-136, 2016, ISSN: 2011-2173.
- LIZCANO, A.: *Evaluación del desarrollo fisiológico de plántulas de Café Castillo Zona Sur fertilizadas con Microorganismos de Montaña en el Municipio de La Plata Huila*, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Tesis de Agronomía, La Plata Huila, Colombia, 2023.
- TOLEDO, J.M.: *Manual para la evaluación agronómica: Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales*, Ed. CIAT, Colombia, 1982, ISBN: 84-89206-12-0.
- UMAÑA, S.; AGUIAR, P.K.; ROJAS, C.: “¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña (MM) como estrategia de biofertilización? Un enfoque de ingeniería de biosistemas”, *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2): 133-144, 2017, ISSN: 1409-2158.

Diana C. Medina-Valencia, Ingeniera Agrícola, Especialista en Biotecnología Agraria, Magister en Tecnología Educativa. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente ECPAMA, Docente Programa de Agronomía, Grupo de investigación INYUMACIZO, Semillero DERUSO, La Plata Huila, Colombia.

Aida Z. Lizcano-Rojas, estudiante de Agronomía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente ECPAMA, Programa de Agronomía, Grupo de investigación INYUMACIZO, Semillero DERUSO, La Plata Huila, Colombia, e-mail: azlizcanor@unadvirtual.edu.co.