



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

## Respuesta de mora (*Rubus glaucus* Benth.) a la fertilización mineral, orgánica y biológica en el Valle del Cauca, Colombia

### Blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) response to mineral, organic and biological fertilization in Valle del Cauca, Colombia

Daniela Giraldo Jiménez\* , Pedro Antonio Zapata Ospina 

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

#### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 5/05/2021  
Aceptado: 30/06/2021

#### CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no existir conflictos de intereses.

#### CORRESPONDENCIA

Daniela Giraldo Jiménez  
[dagiraldoji@unal.edu.co](mailto:dagiraldoji@unal.edu.co)



#### RESUMEN

El presente trabajo evalúa el efecto de la fertilización mineral, orgánica y biológica sobre el rendimiento y calidad de la fruta de mora (*Rubus glaucus* Benth.), sin espinas, en etapa productiva. El estudio se realizó en el municipio de Guacarí, Valle del Cauca, Colombia, durante el periodo julio-diciembre de 2020. Para ello, se evaluaron 14 tratamientos distribuidos en bloques al azar en parcelas divididas, producto de la combinación entre los factores de fertilización (parcela grande) y biofertilización (subparcela). Se cuantificó la respuesta de rendimiento, número de frutos, diámetro, longitud del fruto y sólidos solubles totales. La combinación de la fertilización orgánica-mineral y biofertilizante fue el tratamiento que evidenció los mejores resultados en las diferentes variables evaluadas, con rendimientos mensuales de 4 527 kg ha<sup>-1</sup>, 339 frutos ha<sup>-1</sup>, diámetro de 1,9 cm, longitud del fruto de 2,5 cm, y sólidos solubles totales de 7,2 °Brix.

**Palabras clave:** rendimiento, calidad de la fruta, fertilización, Guacarí

#### ABSTRACT

The present work evaluates the effect of mineral, organic and biological fertilization on the yield and quality of blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) fruit, without thorns, at the productive stage. The study was carried out in the municipality of Guacarí, Valle del Cauca, Colombia, during the period July-December 2020. For this purpose, 14 treatments were evaluated,

distributed in randomized blocks in divided plots, as a result of the combination of fertilization (large plot) and biofertilization (subplot) factors. Yield response, fruit number, fruit diameter, fruit length and total soluble solids were quantified. The combination of organic-mineral fertilization and biofertilizer was the treatment that showed the best results in the different variables evaluated, with monthly yields of 4 527 kg ha<sup>-1</sup>, 339 fruits ha<sup>-1</sup>, diameter of 1.9 cm, fruit length of 2.5 cm, and total soluble solids of 7.2 °Brix.

**Keywords:** yield, fruit quality, fertilization, Guacarí

## INTRODUCCIÓN

La especie de mora (*Rubus glaucus* Benth.) en Colombia es un cultivo de agricultura familiar que aún no cuenta con herramientas tecnológicas suficientes de fertilización y nutrición. Por las exigencias que presenta la fruta en cuanto a calidad e inocuidad, es necesario considerar los factores de precosecha como mecanismos tecnológicos que aumenten la competitividad, donde el manejo nutricional de la especie juega un papel fundamental al mejorar el balance de elementos nutricionales y las condiciones fisiológicas de la planta (Montaño *et al.*, 2009).

La fertilización en mora es una de las actividades agrícolas principales. Su efecto no solo se refleja en la estructura de costos, sino que también afecta ambientalmente las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo y su entorno. Por tanto, es primordial, en el equilibrio ambiental y a su vez en la rentabilidad, el empleo de otras alternativas en la producción agrícola, teniendo como opciones, el uso de abonos orgánicos y biofertilizantes, que optimizan los procesos de nutrición y potencializan la productividad vegetal (Ramírez *et al.*, 2011; Rojas *et al.*, 2020).

Por consiguiente, el interés del presente estudio fue evaluar el efecto de la fertilización con fuentes minerales, orgánicas, y biológicas sobre el rendimiento y en la calidad de la fruta de mora sin espinas durante la etapa productiva, en el área rural del municipio de Guacarí, Valle del Cauca, Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es producto del proyecto de Sistema General de Regalías “Incremento a la competitividad de la agricultura sostenible en

ladera, en todo el departamento del Valle del Cauca, Colombia”.

El predio donde se efectuó el estudio pertenece a la asociación Frutymat, ubicada en el corregimiento La Magdalena, Guacarí, Valle del Cauca, a una altitud de 2 162 msnm, con temperaturas entre 16 y 18 °C, y precipitación anual de 2 000 a 2 500 mm. Para este estudio, se emplearon plantas de mora sin espinas, en fase productiva, las cuales fueron establecidas con distancias de siembra de 3 m (entre surcos) por 2 m (entre plantas), que presentaban edades entre siete y diez años.

El diseño experimental corresponde a bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas, con tres repeticiones. La parcela grande corresponde a factores de Biofertilizante (M) y la subparcela a factores de Fertilización (T). Los resultados de los tratamientos (Tabla 1) son la combinación entre estos dos factores, teniendo en total 14 parcelas útiles (tratamientos), donde cada parcela útil es conformada por cuatro plantas. En cada parcela se realizaron tres repeticiones, empleando un total de 168 plantas.

El factor de fertilización (T) está conformado por diferentes fuentes de fertilización mineral, orgánica y la combinación de ellas, las cuales fueron aplicadas a nivel edáfico y foliar. Las características nutricionales de los fertilizantes evaluados se detallan en la tabla 2. El fertilizante orgánico utilizado fue compostaje y humus de lombriz (sólido y líquido) elaborado en la zona de estudio, con materiales de estiércol de vaca y material obtenido de cultivo de lombriz californiana (*Esenia fetida* Savigny).

Por otra parte, se realizaron aplicaciones adicionales con sulfato de calcio y magnesio en dosis respectivas de 232 y 195 kg ha<sup>-1</sup>, con el fin de suplir el requerimiento de calcio y magnesio

**Tabla 1.** Descripción de los tratamientos de fertilización mineral, orgánica y biológica en mora

Código	Fertilización edáfica	Fertilización foliar
<b>M0T0</b>	Testigo sin aplicación de fertilizantes	
<b>M0T1</b>	<b>Mineral:</b> Hidrocomplex (288 kg ha <sup>-1</sup> ) + Campofos G (240 kg ha <sup>-1</sup> ) + Cosmo R (16 kg ha <sup>-1</sup> )	Cosmocel (5 kg ha <sup>-1</sup> ) + Kelatex Ca y Mg (2,5 kg ha <sup>-1</sup> ) y Microkel Zn (2 kg ha <sup>-1</sup> ) + Cosmo ion boro (2 kg ha <sup>-1</sup> ) + Agro K (5 kg ha <sup>-1</sup> )
<b>M0T2</b>	<b>Mineral Tradicional:</b> 10-30-10 (320 kg ha <sup>-1</sup> ) + Agrimins (48 kg ha <sup>-1</sup> )	Cosmocel (9 kg ha <sup>-1</sup> )
<b>M0T3</b>	<b>Orgánica:</b> Compostaje (800 kg ha <sup>-1</sup> ) + Humus de lombriz (160 kg ha <sup>-1</sup> )	Humus de lombriz líquido (128 L ha <sup>-1</sup> )
<b>M0T4</b>	<b>Mineral - Orgánica:</b> Hidrocomplex (80 kg ha <sup>-1</sup> ) + Campofos G (64 kg ha <sup>-1</sup> ) + Cosmo R (16 kg ha <sup>-1</sup> ) + Humus de lombriz (160 kg ha <sup>-1</sup> )	Cosmocel (5 kg ha <sup>-1</sup> ) + Kelatex Ca y Mg (3,2 kg ha <sup>-1</sup> ) y Microkel Zn (2 kg ha <sup>-1</sup> ) + Cosmo ion boro (2 kg ha <sup>-1</sup> ) + Agro K (5 kg ha <sup>-1</sup> ) + Humus de lombriz líquido (64 L ha <sup>-1</sup> )
<b>M0T5</b>	<b>Mineral Tradicional - Orgánica:</b> 10-30-10 (80 kg ha <sup>-1</sup> ) + Agrimins (48 kg ha <sup>-1</sup> ) + Compostaje (160 kg ha <sup>-1</sup> ) + Humus de lombriz (160 kg ha <sup>-1</sup> )	Cosmocel (9 kg ha <sup>-1</sup> ) + Humus de lombriz líquido (64 L ha <sup>-1</sup> )
<b>M0T6</b>	<b>Fertilización del agricultor:</b> 10-30-10 (173 kg ha <sup>-1</sup> ) o Remital (288 kg ha <sup>-1</sup> )	Sin fertilización foliar
<b>M1T0</b>	M0T0 + Biofertilizante (12 L ha <sup>-1</sup> )	El biofertilizante es a base de mezclas microbianas con las especies: <i>Azotobacter chroococum</i> , <i>A. vinelandii</i> , <i>Azospirillum brasiliense</i> , <i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> , <i>Lactobacillus casei</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. brevis</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>B. licheniformis</i> , <i>B. polymyxa</i> , <i>B. pumilus</i> , <i>B. azotofixans</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Rhodopseudomonas spalustris</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> , <i>T. viridae</i> , <i>T. lignorum</i> , <i>T. asperellum</i> , <i>T. koningii</i> , <i>T. atroviride</i> y <i>Gliocladium virens</i> , <i>Glomus clarum</i> , <i>G. mosseae</i> , <i>G. manihotis</i>
<b>M1T1</b>	M0T1 + Biofertilizante (12 L ha <sup>-1</sup> )	
<b>M1T2</b>	M0T2 + Biofertilizante (12 L ha <sup>-1</sup> )	
<b>M1T3</b>	M0T3 + Biofertilizante (12 L ha <sup>-1</sup> )	
<b>M1T4</b>	M0T4 + Biofertilizante (12 L ha <sup>-1</sup> )	
<b>M1T5</b>	M0T5 + Biofertilizante (12 L ha <sup>-1</sup> )	
<b>M1T6</b>	M0T6 + Biofertilizante (12 L ha <sup>-1</sup> )	

Nota: La dosis propuesta para cada tratamiento se estimó según el análisis de suelos

del cultivo. Estos elementos no se logran suministrar con los tratamientos evaluados por el bajo contenido biodisponible de estos elementos en el suelo.

Los biofertilizantes (M) empleados provienen de un producto biológico (MULTIBIOL), que contiene una mezcla de cepas microbianas, cuya

función es mejorar la nutrición del suelo mediante actividades biológicas, como lo es la fijación de nitrógeno, solubilización y movilización de P, solubilización de otros minerales, asociación micorrizal y promotoras de crecimiento vegetal. Las aplicaciones de biofertilizantes fueron a nivel edáfico y foliar,

**Tabla 2.** Composición nutricional de fertilizantes minerales y orgánicos empleados en el estudio

Producto	Contenido de Nutriente (%)										
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S	Mn	B	Fe	Cu	Zn
Cosmo R	14	18	19	4	2	7	0,07	0,08	0,17	0,03	0,16
Hidrocomplex	12,4	11,4	17,7		2,65	8	0,02	0,015	0,2		
Compostaje	1,68	6,1	3,85	9,91	1,48	0,579	0,05	0,032	0,25	0,098	0,047
Agrimins	8	5		18	6	1,6		1		0,75	2,5
Cosmocel	20	30	10	0,6	0,6	1	0,1	0,1	0,15	0,05	0,02
Humus de lombriz	1,35	1,23	1,15	2,02	1,55	0,3	1,6				
Campofos G		21		32							
10-30-10	10	30	10								
Agro K	0	40	53								
Cosmo ion B		4	3					20,5	67,3		
Kelatex Ca				9							
Kelag Mg	3,1				9	7,2					
Microkel Zn			3								12

exceptuando las micorrizas que solo se inocularon el suelo.

### Variables respuesta

**Producción:** Se determinó la producción (kg ha<sup>-1</sup>) mensual y anual mediante una balanza digital (SACO), de precisión 0,001. Este dato se tomó cada cinco días, durante cuatro meses, teniendo en cuenta los grados de madurez de la fruta i.e. 4, 5 y 6 (cosecha comercial), según lo establecido por la tabla de color Norma Técnica Colombiana, NTC 4106.

Las siguientes variables fueron medidas cada tres semanas durante cuatro meses de evaluación.

**Número de frutos:** Se cuantificó mensualmente, la cantidad de frutos (N° frutos ha<sup>-1</sup>) por tratamientos para determinar su respuesta en el tiempo.

**Diámetro y longitud del fruto:** Se midió el diámetro y longitud de la fruta de mora mediante el instrumento de pie de rey (UBERMANN), de precisión 0,001 mm, donde se tomaron al azar por cada tratamiento diez frutos en estado de madurez de 4, 5 y 6, estimando los promedios de estas dos variables.

**Sólidos solubles totales:** Se determinó el contenido de azúcares presentes en la fruta, con el empleo de un refractómetro instrumental (HCO), de precisión 0,1, y se realizó la lectura en unidades porcentuales (°Brix).

Se realizó un análisis estadístico empleando R Studio versión 4.0.2., donde se obtuvo la prueba de varianza (ANOVA) para cada uno de los tratamientos. Posteriormente, se procedió a determinar diferencia de medias entre tratamientos con pruebas de Tukey, a un nivel de significancia de 95 %.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Producción

La interacción de mejor resultado corresponde a M1T5 (Fertilización mineral tradicional + orgánico+ biofertilizante), donde se obtuvo una producción mensual promedio de 4 527,3 kg ha<sup>-1</sup>. Los tratamientos M0T6 (Fertilización del productor), M0T1 (Fertilización mineral), M0T3 (Fertilización orgánica) y M1T4 (Fertilización mineral + orgánico+ biofertilizante) también fueron significativos y se alcanzaron rendimientos de 4 317, 3 914, 3 894 y 3 861,9 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 1).

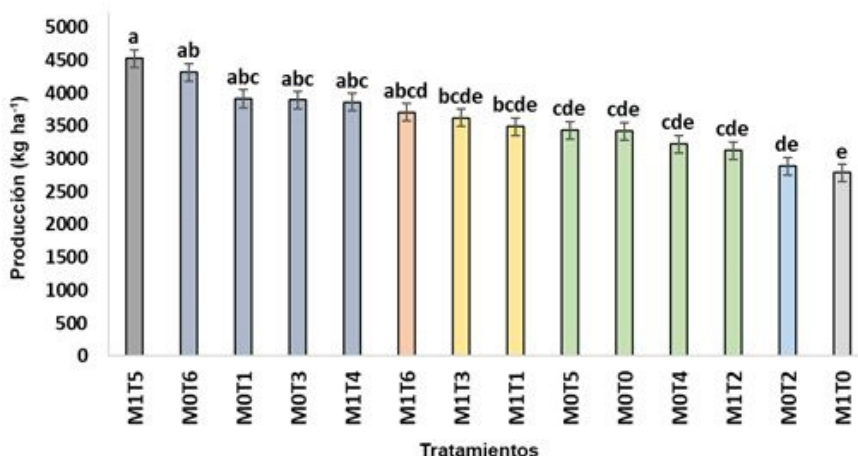


Figura 1. Efectos de la biofertilización y fertilización en el rendimiento de mora

La producción anual estimada para los mejores tratamientos evaluados va desde los 30 000 a 40 000 kg ha<sup>-1</sup>. Estos resultados son superiores a los reportes de otras investigaciones nacionales sobre fertilización en mora. En este sentido, Cardona (2017) obtuvo producciones de 28 000 kg ha<sup>-1</sup> en mora castilla con espinas, cuando suministró N, P, K y Ca con insumos de síntesis química. Por su parte, Grijalba *et al.* (2010) presentó rendimientos para la variedad castilla sin espinas de 20 800 kg ha<sup>-1</sup>, con la implementación de fertilizantes sólidos y líquidos a base de N, P, Ca, Mn, y B.

Los tratamientos MIT5 y MIT4 son una estrategia de manejo integrado en la nutrición vegetal en mora. Estudios como el de Arturo *et al.* (2019) evidencian que, con el uso de fuentes minerales-orgánicas (caldo bordelés), y productos de síntesis química, aplicados con niveles óptimos (360 N, 60 P y 300 K kg ha<sup>-1</sup>), se

pueden lograr rendimientos entre los 19 000 y 24 000 kg ha<sup>-1</sup>.

Por otro lado, se destacan los resultados de la fertilización orgánica (MOT3) considerada una alternativa de manejo nutricional en el cultivo de la mora, pues no solo aporta nutrientes en el suelo, sino que también contribuye en mejorar las propiedades físicas del suelo. Así lo expresa Orozco y Muñoz (2012) cuando adicionaron fertilizantes orgánicos (compostaje y humus de lombriz) en cultivos de *Rubus adenotrichus* Schltdl., donde se logró aumentar la disponibilidad de N, Ca, P, K, Mg en el suelo, reducir la acidez (aumentando el pH), mejorar la capacidad de intercambio catiónica y el porcentaje de materia orgánica.

Los tratamientos MOT6, MOT1 y MOT3 se destacan entre los cuales se alcanzaron mejores rendimientos. Se puede percibir que en estos tratamientos no contienen aplicaciones de

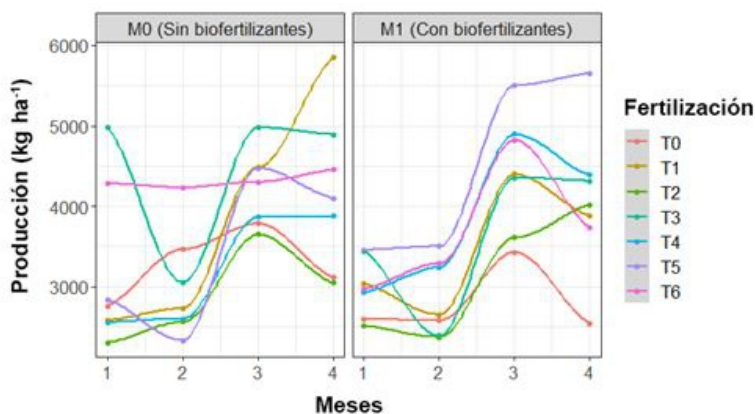


Figura 2. Efecto de los tratamientos en la producción de mora

Leyenda. M0 = Sin aplicaciones de biofertilizantes, M1 = Con aplicaciones de biofertilizantes, T= tratamientos de fertilización



biofertilizantes, sin embargo, la respuesta de la interacción de los biofertilizantes va mejorando a medida que transcurre el tiempo de evaluación. Nótese que, en la figura 2, al comparar la gráfica M0 (sin biofertilizantes) con M1 (con biofertilizantes), la producción general en los tratamientos de fertilización (T1 a T6) va aumentando en los dos últimos meses (3 y 4 meses).

En este sentido, las aplicaciones microbianas en el suelo apenas surgen efecto en los tratamientos de fertilización. Por esto es de descartar esta actividad como una práctica complementaria en los programas de nutrición, pues es de saber que los biofertilizantes se aplican en el suelo con el propósito de acelerar procesos microbiológicos a favor de la captura, asimilación y absorción de nutrientes hacia las plantas (Sánchez *et al.*, 2011). Se ha evidenciado la influencia de hongos micorrícicos en plantas de mora micropropagadas, donde Ramírez *et al.* (2008) enseñan los resultados positivos de las especies *Acaulospora* sp. y *Glomus* sp. provenientes de Sylvania-Cundinamarca. En adición, se sedujo que los microorganismos benéficos (Hongos micorrícicos arbusculares HMA, *Azotobacter* y bacterias solubilizadores de fosfato) combinados o no con fertilizantes químicos, pueden reducir aplicaciones de fertilizantes minerales hasta un 50 %.

### Número de frutos

El número de frutos para cada tratamiento de fertilización presenta diferencias significativas entre la interacción con los biofertilizantes

(nivel de significancia del 0,05). Los resultados de mayor interacción fueron M0T6, M1T5 y M0T3 con un promedio mensual de 401, 399 y 350 frutos ha<sup>-1</sup>, respectivamente, considerándose una buena alternativa de nutrición en el desarrollo de la mora.

Es importante resaltar que en la fertilización M0T6 se presentó una producción de 401 frutos ha<sup>-1</sup>. Este tratamiento de fertilización presenta un buen contenido de K, elemento esencial que influye en la floración y cuajado. Además, la presencia de K en las células vegetales determina el contenido de nitrógeno, que es fundamental en la síntesis de proteínas, el cual favorece el tamaño de los frutos y la formación de estos (Castaño *et al.*, 2008; Tamayo, 2020).

Los tratamientos M1T5 y M0T3 se convierten en alternativas para un manejo nutricional en mora, pues ambos obtienen alta producción de frutos. La interacción de mejor resultado se indica en la figura 3. En el tratamiento M1T5 (Fertilización mineral tradicional + orgánico + biofertilizante) se demuestra la sinergia que se presenta entre microorganismos, materia orgánica y elementos químicos.

Pérez *et al.* (2015) mostró mejor establecimiento y vigor de las plantas de mora sin espinas *in vitro*, al emplear una mezcla de microorganismos como los hongos formadores de micorrizas *Glomus* sp. y las rizobacterias promotoras de crecimiento *Pseudomonas migulae* y *Bacillus amyloliquefaciens*. En Caldas, Colombia, Robledo *et al.* (2018) demostró que la aplicación de dos cepas de las especies *B. subtilis* y *B. pumilus* es una alternativa

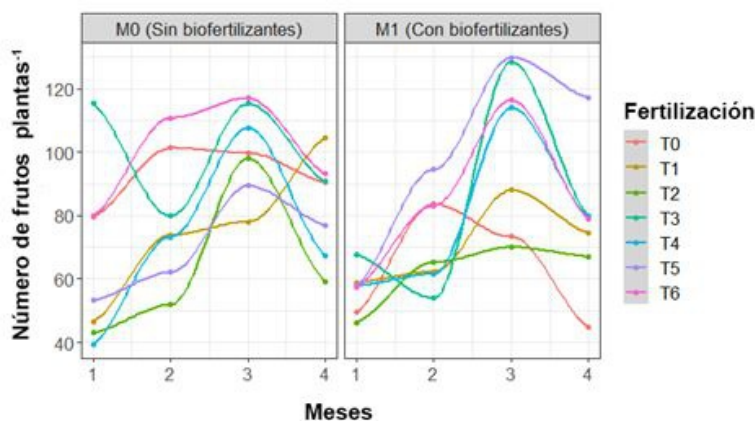


Figura 3. Efecto de los tratamientos en el número de frutos

Leyenda. M0 = Sin aplicaciones de biofertilizantes, M1 = Con aplicaciones de biofertilizantes, T= tratamientos de fertilización

prometedora en el cultivo de mora, puesto que mejoró número de racimos y flores por racimo.

Además, es de acreditar como en los primeros tres meses la eficiencia de la interacción M1 (con biofertilizantes) y tratamientos de fertilización (T) fue mejorando, incluso, en general se logró una cantidad de 407 frutos ha<sup>-1</sup>. La producción de frutos decayó en el último mes (excepto en T5), debido a causas de altas precipitaciones presentadas a finales del mes 3 y todo el mes 4, disminuyendo en general el desarrollo del cultivo.

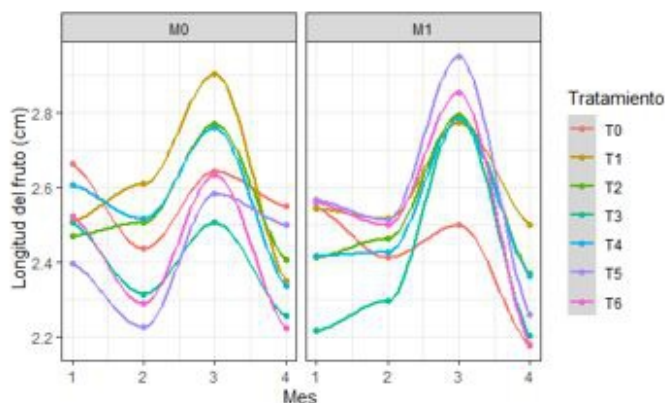
### Diámetro y longitud del fruto

Para determinar en qué condiciones se encuentra el tamaño del fruto sobre los efectos experimentales se tuvo en cuenta la longitud (LF) y diámetro del fruto (DF). En la variable LF (Figura 4), se aprecian diferencias significativas entre los planes de fertilización (T), considerando los mejores resultados en el tratamiento T1 con una longitud promedio de

2,58 cm. En los tratamientos T4, T2 y T5 se presentó la misma respuesta frente a otros tratamientos, conteniendo medidas de 2,52, 2,52 y 2,49 cm, respectivamente.

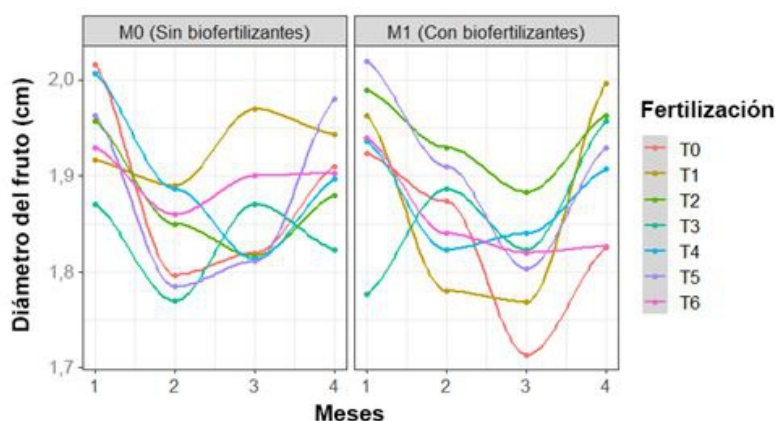
En cuanto al DF de la mora, el efecto de la fertilización no evidenció diferencias significativas entre tratamientos, los valores promedio de la magnitud están entre 1,83 a 1,94 cm (Figura 5). En cada tratamiento hubo fluctuaciones en el tiempo tanto en longitud (Figura 4), como en diámetro (Figura 5). Cuando se comparan las gráficas M0 y M1, se evidenció que con los tratamientos M1T1 hasta M1T6 en el mes 3 se produjeron frutos de mayor longitud (2,7 cm), los cuales clasifican en la categoría A, según el calibre para el fruto de mora (NTC 4106).

En cuanto al DF, las dimensiones en los tratamientos de fertilización (T), tanto en M0 (sin biofertilizantes) como M1 (con biofertilizantes), disminuyeron en los meses 2 y 3, obteniéndose el menor diámetro en T1.



**Figura 4.** Efecto de los tratamientos sobre la longitud del fruto de mora

Leyenda. M0 = Sin aplicaciones de biofertilizantes, M1 = Con aplicaciones de biofertilizantes, T= tratamientos de fertilización



**Figura 5.** Efecto de los tratamientos sobre el diámetro del fruto de mora

Leyenda. M0 = Sin aplicaciones de biofertilizantes, M1 = Con aplicaciones de biofertilizantes, T= tratamientos de fertilización

Mientras que, para el mes 4, en los tratamientos de fertilización T1, T2, T3, T4 y T5 se obtuvieron mayores diámetros del fruto con la interacción M1 que en M0. Esto indica que el efecto de la biofertilización aplicada al inicio del experimento está reflejando sus efectos residuales en los próximos meses, lo que sugiere actividad de los microorganismos en la rizosfera.

Los resultados del tamaño del fruto de mora son similares a los reportados por Ayala *et al.* (2013), quienes evidenciaron que a partir de los grados 4, 5 y 6 se tiene una medida de longitud promedio de 2,73, 2,81 y 2,70 cm, respectivamente. En el caso del diámetro encontraron tamaños aproximados de 1,81, 1,93 y 2,02 cm, respectivamente. Así mismo, Zamorano *et al.* (2007) estudiaron 36 variedades de mora que pertenecen a las especies *R. glaucus*, *R. urticifolius* y *R. robustus*, donde determinaron un diámetro de 1,52 cm y una longitud de 2,44 cm.

Por otro lado, Cardona (2017) obtuvo para los tratamientos de fertilización de la mora un diámetro promedio de 1,9 cm, clasificado en NTC4106 con calibre C. Resultados similares se obtuvieron por Carvalho y Betancur (2015), en la cual el diámetro y longitud de la fruta de genotipo pantanillo y guapante fueron de 2,1 y 2,19 cm, y 2,68 y 2,19 cm, respectivamente. Mientras que, en Sylvania Cundinamarca, se estudiaron los parámetros de calidad de 10 genotipos de mora, donde la longitud promedio sin diferencias significativas estuvo entre 2,14 a 2,41 cm. Aun así, en el diámetro se aprecian diferencias significativas con tamaños del genotipo 8 (pantanillo) de 2,11 cm, y

genotipo 2 (sin espinas) de 1,83 cm, asignados en el calibre B y C, respectivamente (Sánchez *et al.*, 2020).

### Sólidos solubles totales

En relación con esta variable, los sólidos solubles totales (SST) es de suma importancia en la calidad de la fruta para procesos agroindustriales y de consumo en fresco. Se determinó que existen diferencias de medias entre los tratamientos M0 (Sin biofertilizantes) y M1 (con biofertilizantes), donde se obtuvo mejor respuesta en SST según el análisis de varianzas en M0, que presentó un contenido de 6,9 °Brix, mientras que en M1 se obtuvo valores promedios de 6,7 °Brix.

En contraste, Cardona (2017) indicó un contenido de SST de 8,1° Brix con una fertilización de N, P, K y Ca (43-1,5-100-60). Vinasco *et al.* (2010) compararon la calidad de frutos de la variedad castilla con y sin espinas, obteniendo valores de 7,63 y 7,58 °Brix, similares a los arrojados en esta investigación. Por otra parte, en las variedades pantanillo y guapante se obtuvieron SST para los estados de madurez de 5 y 6 de 8,7 a 10,6 °Brix, y de 8,9 a 9,1 °Brix, respectivamente, lo que rectifica que la influencia de este parámetro de calidad también depende de la variedad cultivada. Otros reportes de la literatura comprenden valores de SST de 8,17 °Brix (Zamorano *et al.*, 2007), 7,93 °Brix en estado 5 de madurez (Ayala *et al.*, 2013) y entre 6,4-7,2 °Brix en diferentes variedades (Sánchez *et al.*, 2020).

En forma general, en la figura 6 es posible apreciar que se alcanzaron valores en un rango de 6 hasta 7,5 °Brix. Entre las gráficas M0 (sin

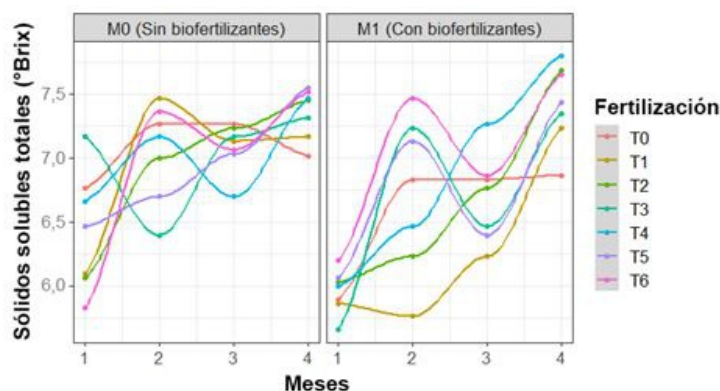


Figura 6. Efecto de los tratamientos en los contenidos de sólidos solubles totales en mora



biofertilizantes) y M1 (con biofertilizantes), los tratamientos de fertilización (T) tienen respuestas diferentes en el tiempo. Se observa que donde no hubo aplicación de biofertilizantes (M0) el contenido de SST a medida que pasa el tiempo conserva su valor con rangos entre 6,5 a 7,5 °Brix, caso que no ocurre con la presencia de biofertilizantes (M1), donde se contempla un incremento en el tiempo para los tratamientos M1T1, M1T2, M1T4, siendo el mes 4 el que abarcó mejores respuestas a la interacción. Incluso se lograron obtener, para M1T2 y M1T4, valores de SST cercanos o superiores a 8 °Brix.

Es posible distinguir en la interacción M1T4 como se va incrementando los SST en el tiempo, donde en el mes 4 se obtuvo en promedio un contenido de 8,1 °Brix. En el M1T4 existe una fertilización a base de fuentes minerales, orgánicas y biológicas, lo que indica mejores condiciones químicas en la rizosfera como dinamismo de la actividad presente en ella, por el aporte de abonos orgánicos y microorganismos. Así mismo lo reporta Arturo *et al.* (2019), cuando evaluó un manejo integral con fertilización orgánica, productos sintéticos y microorganismos como *Trichoderma* spp., en la localidad de Tungurahua, Ecuador, al observar contenidos de SST desde 10,77 a 11,32 °Brix.

Otro aspecto relevante es la fluctuación de SST en M1 en el tiempo, donde se muestra un incremento en el mes 1, declinación en los meses 2 a 3 y luego vuelve a incrementar en el mes 4. Estos cambios pueden indicar dos situaciones. En primer lugar, está el efecto de las condiciones climáticas en los meses 2 a 3, donde ocurrió una temporada seca a lluviosa, la cual afecta notoriamente el transporte de azúcares y dilución en los órganos frutales, donde en el mes 3, el de mayor pluviosidad, decayó en SST significativamente. El otro aspecto, es el reflejo de las interacciones fertilizantes-biofertilizantes, notando que, a pesar de las condiciones climatológicas no favorables, el contenido de SST aumenta del mes 3 al 4, principalmente en los planes de fertilización que comprenden aplicaciones de minerales con complementos orgánicos y biológicos, lo cual permitió un aumento de los

azúcares por el efecto balanceado de la nutrición de la especie.

## CONCLUSIONES

Se evidenció que el tratamiento M1T5 (Fertilización mineral tradicional + orgánico + biofertilizante) tiene un efecto favorable en la producción y la calidad de los frutos de mora, en el cual, se articulan combinaciones de prácticas orgánicas y fuentes minerales, que contribuyen en la reducción de la contaminación y de los costos de producción. No obstante, es idóneo contar con un mayor periodo de evaluación para evidenciar con mejor significancia el efecto de la fertilización en el rendimiento y calidad del fruto.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

**Daniela Giraldo Jiménez:** Conceptualización, monitoreo del experimento, análisis de datos, interpretación de resultados, escritura y aprobación final del manuscrito.

**Pedro Antonio Zapata Ospina:** Contribuyó al análisis de datos, interpretación de resultados y aprobación final del manuscrito.

## AGRADECIMIENTOS

Se expresa agradecimiento al proyecto asociado al Sistema General de Regalías (SGR) N°. 2014000100010 "Incremento a la competitividad de agricultura sostenible en laderas, en todo el departamento del Valle del Cauca, Colombia", por el financiamiento y la estructuración técnico administrativa del estudio. A la asociación FRUTYMAT, quienes se vincularon al proyecto como agentes activos para promocionar las bondades del recurso genético disponible en la región. A los investigadores Eberto Rodríguez Henao y Dubert Yamil CañarSerna de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), que contribuyeron en la orientación del diseño experimental y revisión del manuscrito.

## BIBLIOGRAFÍA

ARTURO, M., ALFREDO, V., FERNANDO, V., *et al.* 2019. Evaluación de nuevas tecnologías de producción limpia de la mora de castilla

- (*Rubus glaucus* Benth.) en la zona Andina de Ecuador, para un buen vivir de los fruticultores. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 7 (1): 63-70.
- AYALA, L., VALENZUELA, C. y BOHORQUEZ-PÉREZ, Y. 2013. Caracterización fisicoquímica de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en seis estados de madurez. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11 (2): 10-18.
- CARDONA, W. 2017. Requerimientos nutricionales (nitrogeno, fósforo, potasio y calcio) en etapa vegetativa y reproductiva de un cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth.), ubicado en el municipio de Silvania (Cundinamarca). Tesis para optar por el título de Maestro, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Colombia, 256 p.
- CARVALHO, C. P. y BETANCUR, J. A. 2015. Caracterización de la calidad del fruto de mora de 'Castilla' (*Rubus glaucus* Benth.) en diferentes estados de madurez en Antioquia. *Agronomía Colombiana*, 33 (1): 74-83.
- CASTAÑO, A., MORALES, C. y OBANDO, F. 2008. Evaluación de las deficiencias nutricionales en el cultivo de la mora (*Rubus glaucus*) en condiciones controladas para bosque montano bajo invernadero. *Agronomía*, 16 (1): 75-88.
- GRIJALBA, C., CALDERÓN, L. y PÉREZ, M. 2010. Rendimiento y calidad de la fruta en mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.), con y sin espinas, cultivada en campo abierto en Cajicá (Cundinamarca, Colombia). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 6 (1): 24-41.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS (ICONTEC). 1997. NTC 4106. Frutas frescas. Mora de castilla especificaciones, Bogotá, Colombia, 7 p.
- MONTAÑO, N., SIMOSA, J. y PERDOMO, A. 2009. Respuesta de tres cultivares de berenjena (*Solanum melogena* L.) a diferentes combinaciones de fertilizante orgánico y fertilizante químico. *Revista UDO Agrícola*, 9 (4): 807-815.
- OROZCO, R. y MUÑOZ, R. 2012. Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*Rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 25 (1): 16-31.
- PÉREZ, U. A., RAMÍREZ, M. M., ZAPATA, Y., *et al.* 2015. Efecto de la inoculación simple y combinada con Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular (HFMA) y Rizobacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV) en plántulas micropropagadas de mora (*Rubus glaucus* L.). *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*, 16 (1): 95-103.
- RAMIREZ, M., ROVEDA, G., BONILLA, R., Cabra, L., *et al.* 2008. Uso de microorganismos con potencial como biofertilizantes en el cultivo de mora. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*, AGROSAVIA, Colombia, 52 p.
- RAMIREZ, F., GÓMEZ, J. J. y FLÓREZ, V. J. (2011). Evaluación del fertilizante orgánico líquido de lombriz San Rafael en el cultivo de rosa cv. Classy. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 64 (2): 6147-6157.
- RSTUDIO. 2020. Integrated Development for RStudio, versión 4.02, PBC, Boston, MA URL.
- ROBLEDO, J., ARISTIZÁBAL, J. C., CEBALLOS, N., *et al.* 2018. Influence of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on blackberry (*Rubus glaucus* Benth. cv. thornless) growth under semi-cover and field conditions. *Acta Agronómica*, 67 (2): 258-263.
- ROJAS, M., BELLO, M. A., RÍOS, Y., *et al.* 2020. Utilización de cepas de *Bacillus* como promotores de crecimiento en hortalizas comerciales. *Acta Agronómica*, 69 (1): 54-60.

SÁNCHEZ, S., HERNÁNDEZ, M. y RUZ, F. 2011. Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*, 34 (4): 375-392.

SÁNCHEZ, E., GARCÍA, M. C., ARGÜELLES, J., *et al.* 2020. Fruit quality attributes of ten colombian blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) genotypes. *Agronomía Colombiana*, 38 (1): 85-94.

TAMAYO, A. de J. 2020. Nutrición y fertilización de la mora de castilla. *En*: Franco, G., Bernal Estrada, J. A., Díaz Díez, C. A., *et al.* (Eds.) *Tecnología para el cultivo de la mora (Rubus glaucus Benth)*. Corporación Colombiana de Investigación

Agropecuaria, Colección Transformación del Agro, Colombia, pp. 147-170.

VINASCO, M., MÉNDEZ, N., SALAZAR, L., *et al.* 2010. Evaluación de cinco parámetros de calidad en fruta de la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.) variedad sin espinas comparada con la variedad con espinas, en cultivos de la zona sur del departamento del Huila. *Revista de Investigaciones UNAD*, 9 (2): 235-244.

ZAMORANO, A., CRUZ, A., MORILLO, Y., *et al.* 2007. Caracterización morfológica de mora en los departamentos de Valle del Cauca, Cauca y Nariño, de Colombia. *Acta Agronómica*, 56 (2): 51-60.



Artículo de libre acceso bajo los términos de una *Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional*. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre que la obra sea debidamente citada.