

## AGUAS-MIELES DEL PROCESAMIENTO DEL CAFÉ: USO COMO ABONO ORGÁNICO Y EFECTOS EN SUSTRATOS Y CULTIVO

Yusdel Ferrás Negrín<sup>1\*</sup>, Carlos Alberto Bustamante González<sup>1</sup>, Nosleiby Ortíz Gómez<sup>1</sup>  
Ciro Sánchez Esmori<sup>1</sup> y Alfredo Reyes Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Estación Experimental Agroforestal Jibacoa, Villa Clara, Cuba

<sup>2</sup> Universidad de Sancti Spiritus "José Martí Pérez", Cuba

\*E-mail: yusdel.ferras@gmail.com

Recibido: 19/06/2023

Aceptado: 31/10/2023

### RESUMEN

La aplicación de agua residual a través de la fertirrigación es una alternativa que permite economizar el agua y los nutrientes en los sistemas productivos. Por ello, esta práctica es una de las opciones de manejo de efluentes de café (*Coffea arabica* L.). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de aguas-mieles del procesamiento del café sobre propiedades químicas de sustratos y el desarrollo de las plantas de este cultivo bajo condiciones de vivero. La investigación se desarrolló en la Estación Experimental Agroforestal en Jibacoa en dos campañas: (i) desde septiembre del 2018 hasta abril del 2019 y (ii) desde octubre del 2019 hasta mayo del 2020. Se evaluaron cinco tratamientos que consistieron en sustratos con diferentes proporciones de suelo y abono orgánico y la aplicación de distintos volúmenes de aguas-mieles: (i) relación 3:1 de suelo y abono orgánico, sin aguas-mieles (control); (ii) relación 7:1, sin aguas-mieles; (iii) relación 7:1, con 80 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>; (iv) relación 7:1, con 160 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>; (v) relación 7:1, con 240 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>. Se determinaron indicadores de fertilidad de los sustratos y variables morfofisiológicas de las plantas. La aplicación de aguas-mieles mejoró el contenido de fósforo y potasio en el sustrato e incrementaron en un 37,5%, 15,3%, 59,8% y 62,7% la altura, el diámetro del tallo, el área foliar y la materia seca aérea de las plantas, respectivamente. La aplicación de una relación 7:1, con 160 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>, resultó la mejor opción.

**Palabras clave:** aguas residuales, *Coffea arabica* L., desarrollo, fertilidad, vivero.

## WATER-HONEY FROM COFFEE PROCESSING: USE AS ORGANIC FERTILIZER AND EFFECTS ON SUBSTRATES AND CROPS

### ABSTRACT

The application of wastewater through fertigation is an alternative that allows you to save water and nutrients in productive systems. Therefore, this practice is one of the options for managing coffee (*Coffea arabica* L.) effluents. The objective of this work was to evaluate the effect of water-honey from coffee processing on chemical properties of substrates and the development of plants of this crop under nursery conditions. The research was carried out at the Agroforestry Experimental Station in Jibacoa in two campaigns: (i) from September 2018 to April 2019 and (ii) from October 2019 to May 2020. Five treatments were evaluated that consisted of substrates with different proportions of soil and organic fertilizer and the application of different volumes of water-honey: (i) 3:1 ratio of soil and organic fertilizer, without water-honey (control); (ii) 7:1 ratio, without water-honey; (iii) 7:1 ratio, with 80 ml of water-honey pot<sup>-1</sup>; (iv) 7:1 ratio, with 160 ml of water-honey pot<sup>-1</sup>; (v) 7:1 ratio, with 240 ml of water-honey pot<sup>-1</sup>. Fertility indicators of the substrates and morpho-physiological of the plants were determined. The best results with the application of water-honey were obtained in the phosphorus and potassium content in the substrate. These water-honeys in coffee plants increased height, stem diameter, leaf area and aerial dry matter by 37,5%, 15,3%, 59,8% and 62,7%, respectively. The application of the 7:1 ratio, with 160 ml of water-honey pot<sup>-1</sup> -treatment (iv)- was the best option.

**Key words:** wastewater, *Coffea arabica* L., development, fertility, nursery.

## INTRODUCCIÓN

Anualmente, se produce una cantidad considerable de residuos de cosechas. Una gran parte de estos residuos no se aprovechan y se convierten en un potencial de contaminación ambiental. Además, suelen ser considerados un problema para el productor ya que no conocen alternativas para darles un uso apropiado. En algunos casos, su manejo inadecuado y la falta de conciencia ambiental terminan generando problemas de contaminación. Sin embargo, el aprovechamiento de estos residuos podría ser empleado como un medio eficiente de reciclaje de nutrientes ya que permitiría no solo mantener la fertilidad del suelo, a través de la reposición de los nutrientes extraídos durante el proceso productivo, sino contribuir a la fertilización de los cultivos (Ramos y Terry, 2014).

En el proceso de lavado y despulpado del café (*Coffea arabica* L.) se obtienen grandes volúmenes de residuos sólidos y líquidos, ricos en nutrientes y materia orgánica. Estos son subutilizados por los productores y podrían ser convertidos en una fuente de fertilización para la mayoría de los cultivos (Maradiaga *et al.*, 2021). Uno de los residuos obtenidos a partir del procesamiento del café es el mucílago, que forma parte del mesocarpio del fruto. El mucílago de café, en promedio, está compuesto por: 1,35% de nitrógeno, 0,11% de fósforo, 1,28% de potasio, 0,37% de calcio y 0,08% de magnesio; además, contiene 301,87 mg kg<sup>-1</sup> de hierro, 26,91 mg kg<sup>-1</sup> de manganeso, 37,26 mg kg<sup>-1</sup> de zinc, 26,63 mg kg<sup>-1</sup> de cobre y 27,59 mg kg<sup>-1</sup> de boro (Sadeghian *et al.*, 2007). Este componente del fruto se desprende en el proceso de lavado de los granos y al agua residual se le llama aguas-mieles por presentar una alta cantidad de materia orgánica, con diferentes tipos de azúcares y un pH ácido (4-4,5) (Torres *et al.*, 2019).

Por otro lado, el vivero es un lugar destinado a la reproducción de plantas de calidad, para garantizar una buena supervivencia y crecimiento en el lugar donde se establezcan de forma definitiva (Saravia, 2021). En el cultivo del café (*Coffea* sp.) esta etapa es de vital importancia, siendo uno de los aspectos clave proporcionar una nutrición adecuada, lo cual depende de la dosis correcta de fertilizante y de la fuente de cada elemento nutricional (Gevara *et al.*, 2021). La aplicación de aguas-mieles provenientes del procesamiento del café a través de la fertirrigación a plantas de café cultivadas en vivero podría ser una alternativa que conduzca a la economía de agua y nutrientes y una solución a la inadecuada disposición que se hace usualmente de estos residuos. Sin embargo, es necesario controlar la calidad

del efluente, debido a que podría acarrear efectos negativos sobre el sistema de riego (Maradiaga *et al.*, 2021).

Esta investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de aguas-mieles del procesamiento del café sobre: (i) las propiedades químicas de sustratos generados con proporciones variables de este residuo y (ii) el desarrollo de plantas de café cultivadas en vivero.

## METODOLOGÍA

La investigación se realizó en el vivero de la Estación Experimental Agroforestal Jibacoa a 340 m s. n. m., a los 22° 01' N, 79° 58' O, en el municipio de Manicargua, provincia de Villa Clara, Cuba. Los experimentos se realizaron en dos campañas: (i) desde septiembre del 2018 hasta abril del 2019 y (ii) desde octubre del 2019 hasta mayo del 2020 (*i.e.* 210 días desde la siembra hasta el momento en que las plantas alcanzaron los seis pares de hojas y se consideran aptas para ser llevadas al campo). Los tratamientos consistieron en sustratos con diferentes proporciones de suelo y abono orgánico y la aplicación de distintas cantidades de aguas-mieles: (i) relación 3:1 de suelo y abono orgánico, sin aguas-mieles (control); (ii) relación 7:1, sin aguas-mieles; (iii) relación 7:1, con 80 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>; (iv) relación 7:1, con 160 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>; (v) relación 7:1, con 240 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>. Se utilizó un diseño aleatorizado que constó de cinco tratamientos (sustratos), con 24 plantas cada uno.

### Elaboración de los sustratos

Los sustratos consistieron en una mezcla de suelo ferralítico rojo lixiviado que se corresponde según "Soil taxonomy" con "typic rhodustalf" (Hernández, 2021) y abono orgánico procedente de estiércol vacuno. Una vez realizadas las mezclas, los sustratos se dejaron en reposo a la sombra durante cinco días. Posteriormente, se homogenizó el sustrato y se llenaron las macetas de polietileno negro, de 14 cm de ancho por 24 cm de alto, con una capacidad aproximadamente de 1,4 kg de sustrato.

### Obtención de las aguas-mieles

Las aguas-mieles se colectaron en el proceso del desmucilaginado, posterior al despulpe de los frutos de café (*C. arabica*), en el Centro de Beneficio Ecológico de la Empresa Agroforestal Jibacoa. Este despulpe se realizó con una máquina colombiana Penagos®, modelo UCBE 2500, que tuvo una norma de 0,2 l de agua kg<sup>-1</sup> de café despulpado.

## Condiciones de cultivo y muestreo de plantas

Se sembraron dos semillas de café variedad Isla 6-14 en cada maceta. Luego de 90 días se realizó un raleo dejando una plántula maceta<sup>-1</sup>. Sobre las plantas se montó una red de media sombra que filtraba el 50% de la radiación solar desde el inicio de la siembra hasta que se realizó la evaluación. El resto de las labores de cultivos se realizaron conforme lo planteado en el instructivo técnico del café arábico (Díaz *et al.*, 2013).

A los 210 días posteriores a la siembra, un grupo de 10 plantas por tratamiento fueron tomadas al azar para registrar las siguientes variables:

- Altura de la planta (cm): a partir de la base del tallo hasta el meristema apical, con regla milimetrada.
- Diámetro del tallo (cm): se midió con pie de rey en la base del tallo.
- Área foliar (AF; cm<sup>2</sup>): se estimó mediante la medición de las dimensiones lineales de las hojas de acuerdo a la metodología Soto (1980), con el empleo de la fórmula  $AF (cm^2) = \text{largo} \times \text{ancho} \times 0,64$ .
- Materia seca aérea (g): las plantas fueron podadas por la base del tallo, se lavaron con agua, se acondicionaron en papel y se secaron en estufa con circulación forzada de aire a 70 °C, hasta peso constante. El peso seco se midió con balanza Radwag Wagi Elektroniczne (modelo AS 220/X, n Polonia, EU).

## Muestreo del sustrato

A los 210 días de sembrada las semillas de *C. arabica* se tomaron tres muestras de sustrato por cada tratamiento para determinar las características químicas: (i) pH: potenciométrico, en KCl: relación suelo-solución 1:2,5 (NC ISO 10390, 1999); (ii) materia orgánica: Wakley-Black, colorimetría, oxidación con dicromato de potasio 1 N y ácido sulfúrico concentrado (NC ISO 10390, 1999); (iii) fósforo: Oniani, por colorimetría (NRAG 279, 1980); (iv) potasio: Oniani, fotometría de llama, extracción con ácido sulfúrico 0,1 N, relación suelo-solución 1:2,5; 3 min (NC 52, 1999).

## Análisis estadístico

El análisis de varianza clasificación simple se efectuó mediante un diseño completo al azar según el modelo lineal de efectos fijos. Se comprobó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de la varianza por la prueba de Levene. Para la determinación de las diferencias entre los tratamientos se utilizó la prueba de Duncan para  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sustratos generados con diferentes cantidades de aguas-mieles no presentaron variaciones significativas del pH en la determinación de la campaña 2018-2019; mientras que en la determinación de la campaña 2019-2020, este indicador fue mayor para los tres sustratos que fueron enriquecidos con aguas-mieles respecto de aquellos que no contenían este residuo (Cuadro 1). Este incremento fue de alrededor del 9,6% cuando se aplicó una relación 7:1, con 240 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>. En este sentido, Chang (2018) registró un ligero incremento (1,06%) de esta variable en un suelo con pH de 5,64 luego de la adición de aguas-mieles a razón de 2 l en 10 kg de suelo. En sintonía, Lo Monaco *et al.* (2009) en un suelo con pH de 5,51 en los primeros 20 cm de profundidad, obtuvieron incrementos significativos del pH con la aplicación de las aguas residuales del procesamiento húmedo del café. Estos autores expresaron que la adición de residuos orgánicos puede proporcionar un aumento del valor del pH del suelo debido principalmente a dos procesos diferentes: (i) descarboxilación de aniones orgánicos con consumo de H<sup>+</sup> y liberación de CO<sub>2</sub> ( $R-CO-COO^- + H^+ \rightarrow R-CHO + CO_2$ ) y (ii) desaminación de aminoácidos. Es importante resaltar que las aguas-mieles del desmucilaginado del café se caracterizan por su alto contenido de materia orgánica (Lo Monaco *et al.*, 2009; Torres *et al.*, 2019; Morales *et al.*, 2021).

El pH no mostró diferencias entre las proporciones suelo-abono orgánico 3:1 y 7:1, sin aguas-mieles, en ambas campañas (2018-2019 y 2019-2020; Cuadro 1). Sin embargo, en general, los abonos orgánicos, en dependencia del nivel aplicado, originan un aumento de este indicador (Ramos y Terry, 2014). Por otro lado, en el presente trabajo, el contenido de materia orgánica en los sustratos sin la aplicación de aguas-mieles difirió en ambas campañas: se obtuvo un aumento del 20,4% y 27,7% en el tratamiento bajo la proporción 3:1, sin aguas-mieles, en 2018-2019 y 2019-2020, respectivamente, en comparación a la proporción 7:1, sin aguas-mieles (Cuadro 1). Estos resultados corroboran lo referido por Ramos y Terry (2014) en el sentido de que los abonos orgánicos, en dependencia del nivel aplicado, originan aumentos de este indicador. Bustamante y Rojas (2017) y González *et al.* (2017) con la adición al sustrato de humus de lombriz y cachaza, respectivamente, desde la proporción 7:1 hasta la 3:1 incrementaron en cada caso el contenido de materia orgánica en un 23,6% y 52%.

**Cuadro 1.** Valor de pH y contenido de materia orgánica (%) de los sustratos generados con diferentes proporciones de suelo y abono orgánico y distintos volúmenes de aguas-mieles: (i) relación 3:1, de suelo y abono orgánico, sin aguas-mieles (control); (ii) 7:1, sin aguas-mieles; (iii) 7:1, con 80 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>; (iv) 7:1, con 160 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>; (v) 7:1, con 240 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>. Los datos se obtuvieron de los experimentos realizados en las campañas 2018-2019 y 2019-2020 en el vivero de la Estación Experimental Agroforestal Jibacoa de Manicaragua (Cuba). MO: materia orgánica. EE: error estándar. CV: coeficiente de variación.

Tratamiento	Campaña 2018-2019		Campaña 2019-2020	
	pH (KCl)	MO (%)	pH (KCl)	MO (%)
3:1, sin aguas-mieles	5,85	4,13 a	6,16 b	3,83 a
7:1, sin aguas-mieles	5,80	3,43 b	6,15 b	3,00 b
7:1, con 80 ml de aguas-mieles maceta <sup>-1</sup>	5,92	3,43 b	6,56 a	2,93 b
7:1, con 160 ml de aguas-mieles maceta <sup>-1</sup>	5,83	3,33 b	6,66 a	3,17 b
7:1, con 240 ml de aguas-mieles maceta <sup>-1</sup>	5,55	3,17 b	6,74 a	3,80 a
EE	0,12 ns	0,14**	0,12*	0,10**
CV (%)	3,71	6,96	3,11	5,00

\*, \*\* Medias (n= 3) con letras diferentes en una misma columna muestran diferencias significativamente para valor de p ≤ 0,05; p ≤ 0,01 respectivamente según prueba de Duncan. ns= las medias son similares en una misma columna.

En la campaña 2018-2019, la incorporación de las aguas-mieles en los sustratos no afectó el contenido de materia orgánica en ninguno de los sustratos con relación 7:1 de suelo y abono orgánico (Cuadro 1). En el 2019-2020, con la relación 7:1, con 240 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup> se incrementó el contenido de materia orgánica en un 26,7% en comparación a esta misma proporción sin la adición de estas aguas residuales (i.e. tratamiento 7:1, sin aguas-mieles). A su vez, en el tratamiento 7:1, con 240 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup> los valores medios de contenido de materia orgánica

fueron similares al tratamiento que recibió el mayor volumen de abono orgánico (i.e. el control 3:1, sin aguas-mieles). Chang (2018) con la adición de aguas-mieles a 1 y 2 l en 10 kg de suelo con 5,1% de materia orgánica, incrementó este indicador en un 41,7% y 43,5%, respectivamente.

Por otro lado, los contenidos de fósforo y potasio fueron mayores en un 26% y 21,1%, respectivamente en la proporción 3:1, sin aguas-mieles, para la campaña 2018-2019 en comparación a la proporción 7:1, sin aguas-mieles (Cuadro 2). En el 2019-2020 hubo una

**Cuadro 2.** Contenido de fósforo (P) y potasio (K) de los sustratos generados con diferentes proporciones de suelo y abono orgánico y distintos volúmenes de aguas-mieles: (i) relación 3:1, de suelo y abono orgánico, sin aguas-mieles (control); (ii) 7:1, sin aguas-mieles; (iii) 7:1, con 80 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>; (iv) 7:1, con 160 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>; (v) 7:1, con 240 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>. Los datos se obtuvieron de los experimentos realizados en las campañas 2018-2019 y 2019-2020 en el vivero de la Estación Experimental Agroforestal Jibacoa de Manicaragua (Cuba). MO: materia orgánica. EE: error estándar. CV: coeficiente de variación.

Tratamiento	Campaña 2018-2019		Campaña 2019-2020	
	P	K	P	K
	mg 100 g <sup>-1</sup> de sustrato			
3:1, sin aguas-mieles	36,37 a	93,64 a	59,21 b	117,11 b
7:1, sin aguas-mieles	28,86 b	77,31 c	55,42 b	111,57 b
7:1, con 80 ml de aguas-mieles maceta <sup>-1</sup>	32,43 ab	77,89 c	57,68 b	131,99 a
7:1, con 160 ml de aguas-mieles maceta <sup>-1</sup>	32,48 ab	90,65 a	59,06 b	135,73 a
7:1, con 240 ml de aguas-mieles maceta <sup>-1</sup>	37,16 a	83,95 b	66,63 a	117,38 b
EE	4,02*	2,08*	3,23**	4,30*
CV (%)	9,08	3,54	4,10	5,03

\*, \*\* Medias (n= 3) con letras diferentes en una misma columna muestran diferencias significativamente para valor de p ≤ 0,05; p ≤ 0,01 respectivamente según prueba de Duncan.

tendencia no significativa, pero similar, a aumentar en un 6,8% y 4,9%, lo cual podría estar relacionado a una mayor fertilidad del sustrato (Cuadro 2). Los resultados indicaron el papel de los abonos orgánicos en el mejoramiento de las propiedades químicas de los sustratos, y corroboran los obtenidos por Bustamante y Rojas (2017): al incrementar la cantidad de abono orgánico (cachaza) en el sustrato desde la proporción 7:1 hasta 3:1 mejoraron los contenidos de fósforo y potasio, en cada caso un 8% y 27%. González *et al.* (2017) al adicionar humus de lombriz en un análisis similar obtuvieron un incremento del 97,5% del contenido de fósforo asimilable en un suelo ferralítico rojo con problema de acidez.

El contenido de fósforo tuvo tendencia creciente con el incremento de las cantidades de aguas-mieles aplicadas al sustrato en una misma proporción suelo-abono orgánico (7:1) en las dos campañas sucesivas (2018-2019 y 2019-2020; Cuadro 2). Cuando se aplicó una relación 7:1, con 240 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup> se obtuvieron aumentos significativos hasta del 28,8% en comparación a la proporción 7:1, sin aguas-mieles. Este tratamiento (relación 7:1, con 240 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>) comparado al de la relación 3:1, sin aguas-mieles mostró un valor medio similar en la primera campaña, mientras que en la segunda fue más elevado. Estos resultados reflejan el efecto mejorador que se pueden alcanzar en los contenidos de este nutriente en los sustratos. De forma similar, Chang (2018) observó incrementos del 18,8% y 24% en el contenido de fósforo con la adición de aguas-mieles a razón de 1 l y 2 l en 10 kg de suelo, respectivamente.

Para obtener los mejores valores medios de potasio en las determinaciones realizadas en ambas campañas en la proporción 7:1 suelo-abono orgánico fue necesaria la aplicación de aguas-mieles a razón de 160 ml maceta<sup>-1</sup> (Cuadro 2). Esta cantidad de aguas-mieles aplicada al sustrato incrementó significativamente (hasta el 21,7%) el contenido de potasio en comparación al tratamiento 7:1, sin aguas-mieles; lo que indica la influencia que ejercen las aguas residuales del beneficio húmedo del café en el mejoramiento de los contenidos de este elemento en los sustratos. Además, cuando se aplicó una relación 7:1, con 160 ml de aguas-mieles, el sustrato presentó un valor medio de potasio similar a aquel conformado con los mayores volúmenes de abono orgánico en la determinación de 2018-2019 (3:1, sin aguas-mieles), mientras que en la campaña 2019-2020 fueron superiores. Estos resultados coinciden con los

obtenidos por Chang (2018), quien reportó incrementos 14,5% y 29,7% del contenido del potasio con la adición de aguas-mieles a razón de 1 l y 2 l en 10 kg de suelo, respectivamente. El uso vía fertirriego de aguas-mieles del procesamiento del café favorece el abastecimiento de parte de las necesidades nutricionales de los cultivos y proporciona mejores condiciones químicas, físicas y biológicas al suelo (Dutra, 2018). Hay antecedentes que muestran que con la incorporación de aguas-mieles a razón de 150 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> se obtuvieron incrementos significativos del contenido de potasio del suelo, lo cual se debería a que las aguas-mieles presentan altos contenidos de este nutriente (Dutra, 2018; Dutra *et al.*, 2021).

Los resultados del presente trabajo indicarían que las aguas-mieles del procesamiento húmedo del café resultarían una alternativa a emplear para mejorar las propiedades químicas de los sustratos. De forma evidente, los indicadores de fertilidad que más se beneficiaron con la adición de estas aguas residuales fueron el contenido de fósforo y potasio (Cuadro 2). Como promedio de las dos campañas se incrementó significativamente en un 23,1%, el contenido de fósforo con la aplicación de una relación 7:1, con 240 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>, y en un 19,9% el contenido de potasio cuando se utilizó una relación 7:1, con 160 ml maceta<sup>-1</sup>.

En cuanto a las plantas de café, los resultados mostraron que, en ambas campañas, los menores valores medios de altura, diámetro del tallo, área foliar y materia seca se obtuvieron para el sustrato elaborado con la relación 7:1, sin aguas-mieles (Cuadro 3). Al aumentar la presencia del abono orgánico en el sustrato (3:1, sin aguas-mieles), la altura, el diámetro del tallo, el área foliar y la materia seca aumentaron significativamente, con incrementos promedios del 26,5%, 10,2%, 39,1% y 42,6%, respectivamente. Estos resultados sugieren que los fertilizantes orgánicos podrían emplearse en la conformación de los sustratos analizados y apoyan lo expuesto previamente por González *et al.* (2017), quienes con la adición al sustrato de humus de lombriz desde la proporción 7:1 a 3:1 acrecentaron en un 24,5% la altura y en un 22,2% el área foliar de *C. arabica* variedad Isla 5-7.

En cuanto al efecto de la aplicación de aguas-mieles sobre las variables de crecimiento, los resultados obtenidos indican que estos tratamientos determinaron, en general, respuestas positivas y significativas en ambas campañas (Cuadro 3). En términos comparativos, la relación 7:1, con 160 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup> resultó



**Cuadro 3.** Variables de crecimiento de las plantas de café cultivadas en sustratos generados con diferentes cantidades de suelo, abono orgánico y aguas-mieles a los 210 días después de la siembra. Los datos se obtuvieron de los experimentos realizados en las campañas 2018-2019 y 2019-2020 en el vivero de la Estación Experimental Agroforestal Jibacoa de Manicaragua (Cuba). EE: error estándar. CV: coeficiente de variación.

Campaña 2018-2019				
Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Materia seca aérea (g planta <sup>-1</sup> )
3:1, sin aguas-mieles	20,46 b	0,35 ab	400 b	3,06 b
7:1, sin aguas-mieles	16,92 c	0,33 b	265,67 c	1,87 c
7:1, con 80 ml de aguas-mieles maceta <sup>-1</sup>	21,17 ab	0,35 ab	397,39 b	3,07 b
7:1, con 160 ml de aguas-mieles maceta <sup>-1</sup>	22,62 a	0,37 a	477,45 a	3,57 a
7:1, con 240 ml de aguas-mieles maceta <sup>-1</sup>	22,08 ab	0,36 ab	466,31 a	3,84 a
EE	0,59*	0,01*	19,23*	0,14*
CV (%)	9,93	13,50	16,60	15,50
Campaña 2019-2020				
3:1, sin aguas-mieles	21,20 ab	0,30 b	371,86 b	2,76 b
7:1, sin aguas-mieles	16,02 c	0,26 c	289,42 c	2,21 c
7:1, con 80 ml de aguas-mieles maceta <sup>-1</sup>	19,84 b	0,29 b	365,00 b	2,63 b
7:1, con 160 ml de aguas-mieles maceta <sup>-1</sup>	22,68 a	0,31 ab	409,56 a	3,07 a
7:1, con 240 ml de aguas-mieles maceta <sup>-1</sup>	22,76 a	0,33 a	411,39 a	3,12 a
EE	0,72*	0,01*	12,85*	0,10*
CV (%)	11,08	8,78	11	11,58

\*Medias (n= 10) con letras diferentes en una misma columna muestran diferencias significativamente para valor de  $p \leq 0,05$  según prueba de Duncan.

ser la mejor opción al generar resultados similares a los determinados por la mayor dosis (7:1, con 240 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>) y provocar incrementos promedios en ambas campañas de 37,5%, 15,3%, 59,8% y 62,7% de la altura, del diámetro del tallo, del área foliar y la materia seca aérea, respectivamente, en comparación a la proporción 7:1, sin aguas-mieles. Más aún, el tratamiento 7:1, con 160 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup>, mostró valores óptimos de todas las variables de crecimiento evaluadas para el establecimiento de las plantas de café en condiciones de campo, de acuerdo con los criterios expuestos por Sánchez *et al.* (2018), quienes señalan que las plantas de café obtenidas en vivero deben tener como mínimo una altura de 17 cm, un valor de materia seca de aproximadamente 3 g y un área foliar de 300 cm<sup>2</sup>. Con respecto al sustrato que recibió el volumen más elevado de abono orgánico (3:1, sin aguas-mieles) estos aumentos fueron más evidentes para el área foliar con 14,9% y la materia seca con

14,1% (Cuadro 3).

En líneas generales, los resultados expuestos en el presente trabajo coinciden con lo expuesto por Cássia *et al.* (2021), quienes señalaron que las aguas-mieles obtenidas a partir del procesamiento del café tienen una carga nutritiva expresiva, lo que permite su reutilización para diferentes fines, entre estos la fertirrigación. Esta alternativa representa una serie de ventajas frente a otras opciones debido a su bajo costo, valor nutritivo adicional y facilidad de aplicación tecnológica.

## CONCLUSIONES

Las aguas-mieles resultantes del desmucilaginado del café durante el procesamiento del fruto mejoraron las propiedades químicas de la fertilidad del sustrato y las diferentes variables asociadas al crecimiento de las plantas de este cultivo en vivero (altura, diámetro del tallo, área foliar y materia seca). La aplicación de 160 ml de aguas-mieles maceta<sup>-1</sup> en el momento de preparar el

sustrato con una relación 7:1 de suelo y abono orgánico resultaría una alternativa, ecológica y ambientalmente sustentable a emplear en los viveros de producción de plantas de café en maceta debido a que resultó la combinación bajo la cual se registraron los mejores indicadores de crecimiento de las plantas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bustamante, C. A. y Rojas, M. (2017). Efecto de las cepas de micorrizas y la riqueza del sustrato en el crecimiento de posturas de *Theobroma cacao* L. y los índices de utilización de nutrientes. *Café y cacao*, 16(1), 22-34.
- Cássia, R., Rodrigues, V., Fernandes, L., Silva, S. J. y Sélia, J. (2021). New sustainable perspectives for "Coffee Wastewater" and other by-products: A critical review. *Future Foods*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100058>
- Chang, A. R. (2018). *Efecto de las aguas mieles del cafeto en la aptitud agrícola en un suelo de la zona de Paltay-Junín 2018* (Tesis de grado). Facultad de Ingeniería, Universidad César Vallejo, Lima, Perú. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31808/Chang\\_CAR.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31808/Chang_CAR.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Díaz, W., Caro, P., Bustamante, C., Sánchez, C., Rodríguez, M. I., Vázquez, E., Grave de Peralta, G., Ramajo, J., Ramos, R., Navarro, D., Fernández, I., Martínez, F., Rodríguez, Y., Arañó, L., Yero, A. y Moran, N. (2013). *Instructivo técnico de café arábico* (pp. 137). Instituto de Investigaciones Agroforestales.
- Dutra, M. B. (2018). *Utilização da água do processamento dos grãos de café: potássio no solo, na planta e produção de capim angola* (Tesis de maestría). Universidad Federal de Labras. [http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/11243/Dissertacao\\_Michell%20Bahia%20Dutra%20Emerick.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/11243/Dissertacao_Michell%20Bahia%20Dutra%20Emerick.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Dutra, M. B., Alves, R., Polonini, A., Fernandes, S. y Fialho dos Reis, E. (2021). Aproveitamento da água do processamento dos frutos de café na fertirrigação de *Brachiaria mutica*. *Nativa, Sinop*, 9(4), 423-429. <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i4.10919>
- González, C., Ferrás, Y., Meneses, I. y Ortiz, N. (2017). Efecto del humus de lombriz en sustratos para la producción de posturas de cafeto en suelo Ferralítico Lixiviado ácido. *Café y cacao*, 16(2), 27-32.
- Guevara, W., Machado, G. y Bustamante, C. A. (2021). Relación entre la fertilidad de sustratos y el crecimiento de posturas de café (*Coffea arabica* L.) en Contramaestre, Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*, 1(1), 94-110. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181368034007/html/>
- Hernández, A. (2021). Área que ocupan los agrupamientos y tipos genéticos de los suelos en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 42(3), e13. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v42n3/1819-4087-ctr-42-03-e13.pdf>
- Lo Monaco, P. A., Teixeira, A., Prieto, H. E., Afonso, P. y Mota, M. (2009). Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. Rriga, *Botucatu*, 14(3), 348-364. <https://revistas.fca.unesp.br/plugins/generic/pdfJsViewer/pdf.js/web/viewer.html?file=https%3A%2F%2Frevistas.fca.unesp.br%2Findex.php%2Fferriga%2Farticle%2Fdownload%2F3424%2F2179%2F12923>
- Maradiaga, W. D., Pêgo, A. W., Antônio, L., y Alves, J. (2021). Irrigación en plantaciones de café y su efecto en el agua residual del procesamiento de los frutos. *Agronomía Mesoamericana*, 32(2), 356-364. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/43420/46372>
- Morales, E., Hurtado, R., Chávez, S., Collazos, E. M. y Sánchez, T. (2021). Sistemas de tratamiento y reutilización de aguas mieles de café: un enfoque de desarrollo sustentable para los caficultores de países en desarrollo. *Pakamuros*, 9(2), 97-13. <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i2.185>
- Norma cubana 52. (1999). Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. Comité Técnico de Normalización No 3, 12 p.
- Norma cubana ISO 10390. (1999). Calidad del suelo. Determinación del pH. Comité Técnico de Normalización No 3, 11 p.
- NRAG 279. (1980). Suelos. Análisis químico. Comité Técnico de Normalización. 60 p.
- Ramos, D. y Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n4/ctr07414.pdf>
- Sadeghian, S., Mejías, B. y Arcila, J. (2007). Composición elemental de los frutos de café y extracción de nutrientes por la cosecha. En: *Avances técnicos 364* (pp. 8). Cenicafé. <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/343/1/avt0364.pdf>
- Sánchez, C., Martínez, F., Moran, N., Cabana, Y., Meneses, I., Vicet, E. y Ortiz, N. (2018). Influencia de tres tipos de tubetes y diferentes momentos de fertilización en el desarrollo de posturas de café. *Café y cacao*, 17(1), 35-43.
- Saravia, M. A. (2021). *Evaluación de las MYPIMES forestales en Nicaragua* (Tesis de grado). Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. <https://repositorio.unan.edu.ni/14728/1/14728.pdf>
- Soto, F. (1980). Estimación del área foliar en *Coffea arabica* Lin. a partir de las medidas lineales de las hojas. *Cultivos Tropicales*, 2(3), 115-128. <https://ediciones.inca.edu.cu/files/antiores/1980/3/CT02310.pdf>
- Torres, L. S., Sanín, A., Arango, A. y Serna, J. A. (2019). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de aguas mieles del beneficio del café. *Ion.*, 32(2), 59-66. <http://dx.doi.org/10.18273/revion.v32n2-2019006>