

## FERMENTOS DE AGUAS-MIELES DEL PROCESAMIENTO DEL CAFÉ CON MICROORGANISMOS EFICIENTES: POSIBLES USOS COMO BIOFERTILIZANTE EN PLÁNTULAS DE CAFÉ

Yusdel Ferrás Negrín<sup>1\*</sup>; Carlos Alberto Bustamante González<sup>2</sup>; Marianny Portal Rodríguez<sup>3</sup> y Nosleiby Ortíz Gómez<sup>1\*\*</sup>

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

\* E-mail: yusdel.ferras@gmail.com / \*\* E-mail: nosly@jibacoa.inaf.co.cu

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente. Santiago de Cuba, Cuba

E-mail: marlonalejandro2012@gmail.com

<sup>3</sup> Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Central España Republicana. Matanzas, Cuba

E-mail: marianny.portal@ihatuey.cu

Recibido: 20/12/2021

Aceptado: 01/06/2022

### RESUMEN

Las aguas-mieles resultantes del procesamiento húmedo del café son muy nutritivas por la carga de elementos y azúcares que contienen. Debido a ello, son un peligro potencial para el ambiente, sobre todo cuando no son utilizadas o tratadas adecuadamente. El objetivo de presente trabajo fue evaluar el efecto de fermentos a base de aguas-mieles del procesamiento húmedo del café con microorganismos eficientes (ME) en el desarrollo de plántulas de café. La investigación se desarrolló en la Estación Experimental Agro-Forestal en Jibacoa en dos momentos: (i) desde noviembre del 2019 hasta junio del 2020 y (ii) desde febrero del 2020 hasta septiembre del 2020. Se utilizó un diseño aleatorizado con cuatro concentraciones de fermentos (0%, 5%, 10% y 15%). Se realizó una aspersión en el segundo, el tercer, el cuarto y quinto par de hojas para un total de cuatro aplicaciones. Se seleccionaron al azar 10 plántulas por tratamiento para evaluar el diámetro del tallo, la materia seca y el área foliar. La aplicación de fermentos aumentó el diámetro del tallo, la materia seca y el área foliar de las plántulas de café en relación con el tratamiento control que solo recibió agua. Los máximos incrementos se observaron cuando se aplicó la concentración del 10% (12,4%, 17,8% y 9,8%, respectivamente). Estos resultados indican que las aspersiones foliares con fermentos al 10% a base de aguas-mieles del café con ME son una alternativa para aumentar el crecimiento de las plántulas en vivero.

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

## WATER-HONEY FERMENTS FROM COFFEE PROCESSING WITH EFFICIENT MICROORGANISMS: POSSIBLE USES AS BIOFERTILIZER IN COFFEE SEEDLINGS

### SUMMARY

The water-honeys resulting from the wet processing of coffee are very nutritious due to the load of elements and sugars they contain. Because of this, they are a potential danger to the environment, especially when they are not used or treated properly. The objective of this work was to evaluate the effect of ferments based on water-honey from the wet processing of coffee with efficient microorganisms (EM) in the development of coffee seedlings. The research was carried out at the Agro-Forestry Experimental Station in Jibacoa at two times: (i) from November 2019 to June 2020 and (ii) from February 2020 to September 2020. A randomized design with four concentrations of ferments (0%, 5%, 10% and 15%). A spray was made on the second, third, fourth and fifth pairs of leaves for a total of four applications. Ten seedlings per treatment were randomly selected to evaluate stem diameter, dry matter, and leaf area. The application of ferments increased the diameter of the stem, the dry matter, and the leaf area of the coffee seedlings in relation to the control treatment that only received water. The maximum increases were observed when the 10% concentration was applied (12,4%, 17,8% and 9,8%, respectively). These results indicate that foliar sprays with ferments at 10% based on coffee water-honeys with EM are an alternative to increase the growth of seedlings in the nursery.

**Key words:** wastewater, *Coffea arabica* L., mucilage, plant-nursery.

## INTRODUCCIÓN

Las actividades industriales y/o agrícolas generan una gran cantidad de residuos que con frecuencia ocasionan importantes problemas ambientales por su almacenamiento y tratamiento inadecuado. Una de las actividades agroindustriales que generan grandes volúmenes de residuos con gran impacto negativo es el procesamiento del café (Vásquez *et al.*, 2010).

El procesamiento o el beneficio del café es un conjunto de operaciones realizadas para transformar el café cereza en pergamino seco (Mantilla, 2019). Es probablemente el proceso más importante para lograr un grano de alta calidad (Giraldo *et al.*, 2017). Existen dos métodos: el procesamiento húmedo seco y el húmedo; este último consiste en la separación de la pulpa o piel y mucílago del grano de café, usando un despulpador mecánico y altos volúmenes de agua (González y Martínez, 2022). Este procesamiento de las cerezas genera residuos orgánicos, ya que solo se aprovecha el 5% al 7,6% del peso del fruto fresco en la preparación de la infusión (Rodríguez, 2009; Serna *et al.*, 2018; Torres *et al.*, 2019). Del 92,4% al 95% restante son subproductos, entre los que se destacan las aguas residuales que en muchas ocasiones generan problemas de contaminación de alto impacto ambiental (Rodríguez, 2009; Torres *et al.*, 2019).

La concentración de nutrientes del mucílago en base seca promedia el 1,35% de nitrógeno, el 0,11% de fósforo, el 1,28% de potasio, el 0,37% de calcio y el 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). El mucílago por su alto contenido en diferentes tipos de azúcares es un excelente medio para la elaboración de biofertilizantes enriquecidos con minerales. En la preparación del abono orgánico tipo bocashi, se recomienda usar el mucílago o aguas-mieles directamente, sustituyendo al máximo el volumen de agua que se desee. Es un excelente sustrato para el crecimiento de hongos, bacterias y otros microorganismos benéficos y deseables para la recuperación de la vida en los suelos que se encuentran agotados por el maltrato provocado por algunas de las prácticas utilizadas en la agricultura convencional (Restrepo, s.f).

Las cantidades de efluentes que se generan durante el procesamiento del café tienen una carga nutritiva expresiva, lo que permite su reutilización para otros fines. La fertirrigación es una de las primeras opciones de manejo de efluentes de café para los países productores

debido a su bajo costo, valor nutritivo adicional y facilidad de aplicación tecnológica (Cássia *et al.*, 2021). Además, hay una gran variedad de métodos para la descontaminación de aguas y aguas residuales. Entre ellos se encuentra la utilización de microorganismos, denominados eficientes (ME) y su importancia resulta en que enriquecen la microflora balanceando los ecosistemas microbiales y suprimiendo microorganismos patógenos sin generar subproductos contaminantes (Faife *et al.*, 2018). En definitiva, la aplicación de ME a las aguas-mieles producto del procesamiento húmedo del café trae enormes beneficios, pues estos microorganismos descomponen la materia orgánica de éstas (Bolaños *et al.*, 2013).

La presente investigación se realizó teniendo presente que, en Cuba y en sentido general, se dispone de muy poca información sobre el empleo de ME en su fermentación y su empleo como posible biofertilizante. El objetivo principal fue evaluar el efecto de fermentos a base de aguas-mieles del procesamiento húmedo del café con ME en el crecimiento de las plántulas de café arábica (*Coffea arabica* L. var. Isla 6-11).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en un vivero de la Estación Experimental Agro-Forestal a una altura de 340 m s.n.m., situada en la localidad de Jibacoa, municipio de Manicaragua, provincia de Villa Clara, Cuba. Los experimentos se realizaron en dos períodos: (i) desde noviembre del 2019 hasta junio del 2020 y (ii) desde febrero del 2020 hasta septiembre del 2020. El objetivo fue estudiar el efecto de diferentes concentraciones de fermentos a base de aguas-mieles de café arábica resultante del procesamiento húmedo de las cerezas con ME sobre el desarrollo de plántulas de dicho cultivo (*C. arabica* var. Isla 6-11).

Los tratamientos consistieron en la aplicación de cuatro concentraciones de fermentos: (i) aspersión de agua sola (control), (ii) aspersión del fermento al 5%, (iii) aspersión del fermento al 10% y (iv) aspersión del fermento al 15%. La aplicación se realizó desde el segundo al quinto par de hojas, en un total de cuatro aspersiones. En el segundo y tercer par de hojas cada aplicación de solución final se realizó a razón de 0,55 l m<sup>-2</sup> de cantero, mientras en el cuarto y quinto par de hojas fue de 0,85 l m<sup>-2</sup>.

Se utilizó un diseño aleatorizado. Para la elaboración de los fermentos se colectaron las aguas-mieles de café luego del despulpe de las cerezas en el centro

de procesamiento ecológico de la empresa agro-forestal Jibacoa. Ésta cuenta con una máquina Penagos®, modelo UCBE 2500, que tiene una norma de 0,2 l de agua kg<sup>-1</sup> de café cereza. A 20 l de este residuo se le adicionaron 30 ml de ME l<sup>-1</sup> según Bolaños *et al.* (2013). Posteriormente, el preparado se dejó tapado en reposo por 150 días, que fue el tiempo transcurrido desde su colecta hasta la primera aspersión a las plántulas de café.

Como ME se utilizó el IHPLUS®, que es un bioproducto basado en microorganismos nativos, que se deriva de la introducción, adaptación y diseminación de la tecnología desarrollada en Japón, que utiliza una mezcla de microorganismos eficientes como biofertilizante, probiótico, antiséptico y limpieza de residuales líquidos de la agricultura y el turismo. En Cuba, este producto fue adaptado para utilizar microorganismos de estratos bajos de bosques no perturbados o poco intervenidos y sustratos nacionales locales obtenidos en la Estación Experimental Indio Hatuey (Díaz *et al.*, 2020). Los experimentos se realizaron con el lote IH-21-01 de inóculo líquido procedente de esta entidad.

### Condiciones de crecimiento de las plántulas

La siembra se realizó en bolsas de 24 cm de alto y 14 cm de ancho. Se utilizó sustrato compuesto por tres partes de suelo fersialítico pardo rojizo y una parte de abono orgánico procedente de estiércol vacuno. Este se consideró adecuado y se caracterizó por ser ligeramente ácido (pH= 6,38), tener altos contenidos de materia orgánica (5,6%), de fósforo (173 mg 100 g<sup>-1</sup>) y de potasio (79,6 mg 100 g<sup>-1</sup>).

En cada bolsa se dispusieron dos semillas de *C. arabica* var. Isla 6-11, se dejó una plántula después del raleo realizado a los 80 días posteriores a la siembra. A 10 plántulas de cada tratamiento cuando tuvieron seis pares de hojas, se determinó:

(i) Diámetro del tallo (cm): se midió con un pie de rey a 1 cm del cuello.

(ii) Materia seca (g): las plantas se colocaron en una estufa a 65 °C hasta alcanzar peso constante.

(ii) Área foliar (cm<sup>2</sup>): se determinó con el uso de la metodología de Soto (1980), según la Ecuación 1.

$$AF = L \times A \times 0,64$$

[Ecuación 1]

donde, AF es área foliar (cm<sup>2</sup>) y L y A son el largo y ancho máximo del folíolo (cm).

### Análisis estadístico

Se comprobó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de la varianza por la prueba de Levene. Posteriormente, se realizó el análisis de varianza y para la determinación de las diferencias entre las medias de los tratamientos se utilizó la dócima de comparación de rangos múltiples de Duncan para  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el primer período de la investigación (de noviembre de 2019 a junio de 2020), las aspersiones del fermento a base de aguas-mieles de café con ME influyeron significativamente y de forma positiva sobre el diámetro del tallo y la materia seca de las plántulas (Cuadro 1), sin detectarse diferencias entre las concentraciones evaluadas (5%, 10% y 15%). El área foliar no difirió estadísticamente entre el control y los tratamientos, aunque tendió a ser menor en el control (Cuadro 1).

Sánchez *et al.* (2018) señalaron que las plántulas de café están en adecuadas condiciones para ser trasplantadas cuando presentan un área foliar de 300 cm<sup>2</sup> y 3 g de materia seca total. Por lo tanto, según los resultados obtenidos en el presente trabajo, en el primer período, las plántulas del tratamiento control no presentaron las características adecuadas para el trasplante. Sin embargo, las variantes que recibieron el fermento presentaron características óptimas para su establecimiento en el campo.

En el segundo período (de febrero a septiembre de 2020), se detectó un efecto positivo de la aplicación de los fermentos sobre las tres variables evaluadas. El diámetro del tallo mostró un resultado similar al observado en el primer período, mientras que para la materia seca y el área foliar se observaron diferencias significativas con el control cuando se aplicó el fermento al 10%.

Al analizar de forma conjunta los valores de ambos períodos se pudo constatar que la aplicación de fermento determinó un aumento del diámetro del tallo, la materia seca y el área foliar de las plántulas de café, hasta llegar a incrementos del 12,4%, 17,8% y 9,8%, respectivamente cuando se aplicó la concentración del 10% al compararlo con el tratamiento control que solo recibió agua. Estos resultados indican que los fermentos a base de aguas-mieles del café con ME podrían utilizarse como biofertilizantes para mejorar el crecimiento de las plántulas de café en viveros.

Bolaños *et al.* (2013) encontraron que la aplicación de ME a base de aguas-mieles del café en el cultivo del

**Cuadro 1.** Efecto de fermentos en el desarrollo de plántulas de café (*Coffea arabica* L. var. Isla 6-11) para el primer período analizado desde noviembre del 2019 hasta junio del 2020.

Concentración de fermento (%)	Diámetro del tallo (cm)	Materia seca (g)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
0	0,33 b	2,61 b	288,89
5	0,36 a	3,02 a	314,44
10	0,37 a	3,01 a	314,29
15	0,36 a	3,13 a	311,81
Error estándar	0,01**	0,11*	10,26 ns
Coefficiente de variación (%)	7,04	11,74	10,55

\*, \*\* Medias (n= 10) con letras diferentes en una misma columna muestran diferencias significativamente para valor de  $p \leq 0,05$ ;  $p \leq 0,01$ , respectivamente según prueba de Duncan; ns= las medias son similares en una misma columna.

**Cuadro 2.** Efecto de fermentos en el desarrollo de plántulas de café (*Coffea arabica* L. var. Isla 6-11) para el segundo período analizado desde febrero del 2020 hasta septiembre del 2020.

Concentración de fermento (%)	Diámetro del tallo (cm)	Materia seca (g)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
0	0,32 b	3,30 b	380,34 b
5	0,35 a	3,62 b	398,43 ab
10	0,36 a	3,95 a	420,80 a
15	0,36 a	3,58 b	382,20 b
Error estándar	0,01**	0,11*	8,83**
Coefficiente de variación (%)	6,23	9,49	7,06

\*, \*\* Medias (n=10) con letras diferentes en una misma columna muestran diferencias significativamente para valor de  $p \leq 0,05$ ;  $p \leq 0,01$ , respectivamente según prueba de Duncan.

pepino (*Cucumis sativus* L.) incrementó la longitud de los frutos, el número de frutos totales y el peso de los frutos totales de las parcelas experimentales en un 30,5%, 18,2% y 33,3%, respectivamente. Los autores también plantearon que estos bioproductos se pueden convertir en una alternativa potencial para dar un mejor uso a los subproductos del cultivo de café aplicados como biofertilizantes en los sistemas de cultivos de hortalizas.

Los resultados podrían atribuirse a la cantidad de nutrientes que presenta el mucilago del café. Sadeghian *et al.* (2007) informaron que este residuo se caracteriza por una riqueza de elementos que permiten su uso para incorporarlos nuevamente al suelo y mejorar su fertilidad. Además, es una fuente rica en carbohidratos y, por lo tanto, es un medio de cultivo ideal para el desarrollo de una gran variedad de bacterias, hongos, levaduras y actinomicetos (Payán, 2011). Estas características pudieron además contribuir al desarrollo de los ME adicionados a las aguas-mieles en el momento de su colecta.

En la etapa de fermentación del mucílago se produce una gran proliferación microbiana y están presentes en cargas considerables en las aguas residuales (Rodríguez, 2009). Según estos autores los bajos valores de pH de estas aguas (pH para aguas de despulpado en el rango 3,72 y 4,53; y pH para aguas de lavado en el rango 3,73 y 4,21), no favorecen su proliferación de patógenos.

El empleo de tecnologías con ME como biofertilizantes es de gran importancia, según Mesa (2020) y Abreu *et al.* (2021) propicia el crecimiento de las plantas. Es posible que en el proceso fermentativo de las aguas-mieles se produjeron sustancias estimuladoras de crecimiento vegetal como resultado del metabolismo de los microorganismos, y que hayan influido en el crecimiento de las plántulas de café. Tellez y Orberá (2018) informaron que los lactofermentos poseen la capacidad de excretar vitaminas, ácidos orgánicos, minerales, quelatos y sustancias antioxidantes que contribuyen a suprimir el crecimiento de los microorganismos fitopatógenos y, al mismo tiempo, generar nutrientes asimilables por las

plantas. En tal sentido Laruta y Maldonado (2021) expresaron que la aplicación de ME, tanto comercial como obtenido artesanalmente, estimula el crecimiento de las plántulas café, sobre todo cuando se aplicaron concentraciones del 3%.

Los resultados de este trabajo, en coincidencia con los antecedentes descriptos, sugieren que los fermentos de aguas-mieles del procesamiento del café con ME pueden ser utilizados como biofertilizantes, lo cual representa una alternativa al destino residual contaminante. Futuros trabajos deberían estudiar el impacto que estos biofertilizantes tendrían sobre el rendimiento de café bajo unidad de área, bajo condiciones de cultivo.

## CONCLUSIONES

El procesamiento del café genera grandes volúmenes de residuos con potencial impacto negativo sobre el ambiente. Las aspersiones foliares con fermentos a base de aguas-mieles del café con microorganismos eficientes en concentración al 10% son una alternativa para estimular el crecimiento de las plántulas de café en viveros, al incrementar los valores medios de diferentes indicadores agrobiológicos (diámetro del tallo, materia seca, y área foliar). Por lo tanto, el uso de estos fermentos como biofertilizantes debe estudiarse con profundidad ya que podría representar una alternativa a esta problemática.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, N., Meriño, A., Matos, K., Urgelles, I. y Sánchez, E. (2021). Evaluación de diferentes dosis de microorganismos eficientes en vitroplantas de plátano fruta enano en condiciones de campo. *Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo*, 21(40), 1-3. Recuperado de: <http://www.cmad.ama.cu/index.php/cmad/article/view/302/630>
- Álvarez, J. L. y Damião, J. C. (2018). Producción de plántulas de café con la aplicación de microorganismos eficientes en Angola. *Centro Agrícola*, 45(2), 29-33, 2018. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v45n2/cag04218.pdf>
- Bolaños, E. A., Muelas, M. C., Mejía, L. M. y Trochez, T. (2013). Efectividad de la aplicación de bioinsumo de aguas residuales de café en productividad de hortalizas. *Temas Agrarios*, 18(1), 41-48. Doi: <https://doi.org/10.21897/rta.v18i1.708>
- 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. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100058>
- Faife, E., Roget, D., Fandiño, C. A., Pérez, I., de la Hoz, Y., Tortoló, K. y Michelena, G. (2018). Empleo de microorganismos eficientes como alternativa para el tratamiento de residuales. Revisión bibliográfica *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, 52(3), 30-40. Recuperado de: <file:///C:/Users/yusdel/AppData/Local/Temp/ME.pdf>
- Giraldo, J. J., Niño, C. D. y Vianchá, Z. (2017). Análisis de buenas prácticas en el proceso de beneficio del café: experiencia de estudio en el municipio de Viotá (Cundinamarca, Colombia). *Ingeniería Solidaria*, 13(22), 121-135. Doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v13i22.1839>
- González, A. y Martínez, C. M. (2022). Mejoramiento y uso de los efluentes para el beneficio del café. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 31(2), 1-7. Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v31n2/es\\_2071-0054-rcta-31-02-e08.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v31n2/es_2071-0054-rcta-31-02-e08.pdf)
- Laruta, A. M. y Maldonado, C. (2021). Microorganismos eficientes (EM•1®) y de montaña en plantines de café (*Coffea arabica* L.), Caranavi - La Paz. *Apthapi*, 7(2), 2134-2144. Recuperado de: [http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-03042021000200002&lng=pt&nrm=iso](http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-03042021000200002&lng=pt&nrm=iso)
- Mantilla, J. (2019). Optimización del proceso conocido como "beneficio húmedo y seco" en la industria de café. Caso: finca "villa Ilma María" en el municipio de Toledo, Norte de Santander. Monografía para optar por el título de Especialista en Gerencia de Empresas. Fundación Universidad de América, Facultad de Educación Permanente y Avanzada Especialización en Gerencia de Empresas, Bogotá D.C. Recuperado de: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7287/1/294526-2019-I-GE.pdf>
- Mesa, J. R. (2020). Microorganismos eficientes y su empleo en la protección fitosanitaria de los cultivos. *Científica Agroecosistemas*, 8(2), 102-109. Recuperado de: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/download/407/386/>
- Payán, C. I. (2011). *Aislamiento, identificación y conservación de microorganismos presentes en residuos lignocelulósicos (pulpa) provenientes del beneficio del café*. [Tesis de Especiación en Microbiología Industrial]. Universidad Católica de Manizales, Colombia. Recuperado de: <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/300/Claudia%20Ines%20Payan%20Bastidas.pdf?sequence=3>
- Pierre, F., Rosell, M., Quiroz, A. y Granda, Y. (2009). Evaluación química y biológica de compost de pulpa del café en Caspito Municipio Andrés Bello Blanco, Estado Lara, Venezuela. *Bioagro*, 21(2). Recuperado de: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=1316-33612009000200004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=1316-33612009000200004)
- Restrepo, J. (s.f.). Caracterización física y química de los frutos del café. Recuperado de: <http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/90.pdf>
- Rodríguez, N. (2009). *Estudio de un biosistema integrado para el postratamiento de las aguas residuales del café utilizando macrófitas acuáticas*. Tesis de Doctorado. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de: <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/4342/tesisUPV3023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sadeghian, S., Mejías, B. y Arcila, J. (2007). Composición elemental de los frutos de café y extracción de nutrientes por la cosecha. *Avances técnicos 364. Cenicafé*. 8 p. Recuperado de: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/343/1/avt0364.pdf>
- Sánchez, C., Martínez, F., Moran, N., Cabana, Y., Meneses, I., Vicet, E. y Ortiz, O. (2018). Influencia de tres tipos de tubetes y diferentes momentos de fertilización en el desarrollo de plántulas de café. *Café Cacao*, 17(1), 35-43.
- Serna, J. A., Torres, L. S., Martínez, K. y Hernández, M. C. (2018). Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. *Ion*, 31(1), 37-42. Doi: <https://doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018006>
- Soto, F. (1980). Estimación del área foliar en *Coffea arabica* L. a partir de las medidas lineales de las hojas. *Cultivos Tropicales*, 2(3), 115-128. Recuperado de: <https://ftp.inca.edu.cu/revista/1980/3/CT02310.pdf>

- Tellez, T. y Orberá, T. (2018). Efecto estimulador del crecimiento de dos biopreparados biotecnológicos en cultivos de remolacha (*Beta vulgaris* L.). *Revista Cubana de Química*, 30(3), 483-494. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v30n3/ind08318.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. Doi: <https://doi:10.18273/revion.v32n2-2019006>
- Vásquez, M. C., Prada, P. A. y Mondragon, M. A. (2010). Optimización del proceso de compostaje de productos post-cosecha cereza) del café con la aplicación de microorganismos nativos. *Ciencias biomédicas*, 8(14), 121-240.