

Indicadores de calidad en plántulas de café (*Coffea arabica* L.) con el empleo de bioproductos

Quality indicators in coffee seedlings (*Coffea arabica* L.) using bioproducts

Autores:

Ing. Yamileidis Rodríguez - Rubio¹, <https://orcid.org/0009-0001-8384-1029>,

MSc Marconis Martínez - Marten, <https://orcid.org/0000-0002-3639-8554>

Dr. C. Adrián Montoya - Ramos¹, <https://orcid.org/0000-0003-3691-2143>

MSc. Benito Monroy - Reyes², <https://orcid.org/0000-0002-4162-0770>

Dr. C. Omar Alejandro Posos - Parra², <https://orcid.org/0000-0002-4302-3312>

Filiación institucional: ¹Universidad de Guantánamo-Cuba. km 1.5 Carretera a Jamaica, Guantánamo, Cuba, ²Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez, 2100, Predio Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México.

E-mail: yamileidis638@gmail.com; marconis@cug.co.cu; montoya@cug.co.cu; bmonroy17@gmail.com ; omar.posos@academicos.udg.mx

Fecha de recibido: 23 de enero del 2026

Fecha de aprobado: 25 de marzo del 2026

Resumen

Con el objetivo de evaluar la respuesta de plántulas de *Coffea arabica* L a la aplicación de *bioproductos* en las condiciones edafoclimáticas y tecnológicas del vivero tecnificado “La Biofábrica”, del municipio El Salvador, se desarrolló un ensayo sobre un sustrato de suelo pardo sialítico mullido carbonatado con una proporción de materia orgánica 1:1, en octubre de 2023. Se utilizaron semillas de *Coffea arabica*. Se emplearon siete tratamientos que se replicaron cinco veces sobre un diseño de bloques al azar. Se evaluó la altura (cm), número de hojas (U), diámetro del tallo (mm) la masa fresca y seca foliar y se determinó el índice de esbeltez. Para el análisis estadístico fue utilizado el paquete STATGRAPHICS Versión 5.1 separando la media a través de la prueba de Duncan. Se obtuvo que La aplicación separada y combinada de *Vigortem*® fue determinante en el crecimiento y vigor de las posturas de *Coffea arabica*.

Palabras clave: Bioproducto; *Coffea arabica*; Condiciones edafoclimáticas; *Vigortem*®

Abstract

With the objective of evaluating the response of *Coffea arabica* L seedlings to the application of *Vigortem*® in the edaphoclimatic and technological conditions of the technical nursery “La Biofabrica”, in the municipality of El Salvador. A test was developed on a carbonated soft sialitic brown soil substrate with a 1:1 to October 2023. *Coffea arabica* seeds were used. Seven treatments were used that were replicated five times in a randomized block design. Height (cm), number of leaves (U), stem diameter (mm), fresh and dry leaf mass were evaluated and the slenderness index was determined. For the statistical analysis, the STATGRAPHICS Version 5.1 package was used, separating the mean through the Duncan test. It was obtained that the separate and combined application of *Vigortem*® was decisive in the growth and vigor of the *Coffea arabica* postures.

Keywords: Bioproduct; *Coffea arabica*; Edaphoclimatic conditions; *Vigortem*®

Introducción

Después del petróleo, el café es el producto de mayor importancia en el mundo en términos de exportaciones y generaciones de ingresos (Da Matta et al., 2008), constituyendo el principal cultivo en el 70% de los países tropicales. Se cultiva aproximadamente en 10 millones de hectáreas y la producción mundial es de alrededor de cinco millones de toneladas de café verde, de las cuales el 69% provienen de variedades de *Coffea arabica* L., el 30% de *Coffea canephora* y el 1% de *Coffea liberica*. Brasil, Colombia y Vietnam cubren el 50% del mercado mundial (Larramendi, 2002).

En Cuba se produce café en los cuatros sistemas montañosos: Sierra Maestra, Sagua-Nipe-Baracoa, grupo Guamuhaya y Sierra de los Órganos, contándose con un total de 93 000 ha plantadas de cafeto (Legra, 2012), donde la producción oscila entre 8 000 y 14 000 t de café verde/año. Se cultiva por debajo de los mil metros de altura y la floración se presenta desde diciembre hasta abril. Esta época coincide con el período poco lluvioso del año, donde las precipitaciones representan aproximadamente el 25% del total anual. Esta situación prácticamente obliga a garantizar el riego como complemento de la lluvia (Rey, 1987).

Obtener elevadas y estables producciones en el cafeto con una calidad exportable del grano y de manera rentable, es un reto que tiene hoy la agricultura de montaña en Cuba. Evaluando lo antes descrito relacionado principalmente con el interés de diversificación de esta especie de alto valor económico, la baja calidad de las posturas para su propagación, el uso de alternativas para su nutrición y mejor adaptabilidad a las condiciones de campo es probable que en la obtención de plántulas de *T. cacao* tengan un efecto similar, imponiendo estudiarlos detalladamente.

Evaluar la respuesta de plántulas de *Coffea arabica* L a la aplicación de Vigortem® en las condiciones edafoclimáticas y tecnológicas del vivero “La Biofábrica”

Materiales y métodos

Ubicación

El trabajo se desarrolló en el vivero tecnificado La Biofábrica sobre un sustrato de suelo pardo sialítico mullido carbonatado con una proporción de materia orgánica 3:1. En el periodo de marzo de 2023 a octubre de 2023.

Metodología empleada

Se utilizaron semillas de *Coffea arabica*. Los bioproductos se asperjaron en la parte superior del sustrato en el momento de la siembra según las dosis estipuladas por el proveedor.

Tratamientos

- T1 3:1(Testigo absoluto de producción)
- T2 3:1+vigortem®
- T3 3:1+CTA-HUMUS®
- T4 5:1+vigortem®
- T5 5:1+CTA-HUMUS®
- T6 7:1+vigortem®
- T7 7:1+CTA-HUMUS®

Variables evaluadas

Variables de crecimiento: Estas fueron evaluadas a los 120, 150 y 180 días posteriores al trasplante.

- Altura de las plantas (cm.): estas fueron medidas con una regla graduada, midiendo desde ras de tierra hasta el ápice.
- Número de hojas (U): se contaron las hojas emitidas por las plantas en los diferentes momentos de medición.
- Diámetro del pseudotallo (mm): se midió con un pie de rey a la altura de 1 cm del suelo.
- Con los datos anteriores se estimó el índice de esbeltez: el índice de esbeltez se calculó mediante el cociente de la altura en cm entre el diámetro del tallo en mm, mediante la fórmula.

Diseño experimental y análisis estadístico

Los resultados experimentales fueron sometidos a Análisis de Varianza según el diseño empleado completamente aleatorizado. En los casos en que se encontraron diferencias

significativas entre tratamientos, las comparaciones de medias se realizaron según el test de rangos múltiples de Duncan para el 5% de probabilidad de error (Duncan, 1955).

Resultados y discusión

Análisis de la altura de las plantas

En la respuesta altura de las plantas (Tabla 1), se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, los tratamientos estimulados son superiores a partir de los 120 días en relación con el testigo, observándose que el tratamiento (4) que se corresponde con la aplicación de aplicación de 6 L.ha⁻¹ de Vigortem®, ofreció una mejor respuesta para esta variable de crecimiento, en los diferentes momentos de medición.

Tabla 1. Efecto de los tratamientos evaluados en la variable altura

Tratamientos	Altura (cm)		
	120 días	150 días	180 días
	Media ± EEx	Media ± EEx	Media ± EEx
T1 3:1(Testigo absoluto de producción)	21,2 ± 1,857d	36,8 ± 1,436b	45,8 ± 1,436b
T2 3:1+vigortem®	22,5 ± 1,955c	36,3 ± 2,682b	48,3 ± 2,682b
T3 3:1+CTA-HUMUS®	27,3 ± 1,304b	40,1 ± 2,084a	55,1 ± 2,084a
T4 5:1+vigortem®	30,6 ± 1,576a	41,4 ± 1,869a	56,4 ± 1,869a
T5 5:1+ CTA-HUMUS®	21,2 ± 1,857d	36,8 ± 1,436b	45,8 ± 1,436b
T6 7:1+vigortem®	22,5 ± 1,955c	36,3 ± 2,682b	48,3 ± 2,682b
T7 7:1+ CTA-HUMUS®	27,3 ± 1,304b	40,1 ± 2,084a	55,1 ± 2,084a

Medias seguida de letras desiguales difieren significativamente de ($p < 0.05$)

El concepto de uso eficiente de un nutriente, se utiliza para evaluar la capacidad de un genotipo dado para absorber nutrientes y transformarlo en la producción de biomasa o material vegetal de importancia económica (Furtini, 1994). De esa manera, es como el conocimiento de los nutrientes minerales esenciales de la planta brinda información importante que permite mejorar las prácticas en la eficiencia de su fertilización (Laviola *et al.*, 2007).

En los suelos del trópico, el fósforo (P) es el nutriente que limita la producción, debido a la alta reactividad del elemento que le permite interactuar químicamente con la materia orgánica, con la superficie mineral de los coloides y con las formas activas de algunos cationes presentes en la solución del suelo (Martins *et al.*, 2013). Este hecho conlleva al uso constante y elevado de fertilizantes de síntesis química, aumentando de esta manera los costos de producción (Reis *et al.*, 2011).

En sistemas agrícolas como el café (*Coffea arabica* L.), el P es importante en las primeras fases de su desarrollo, ya que mejora y aumenta de manera significativa su sistema de raíces. Debido a la limitada disponibilidad del P en el suelo, especialmente en los de origen volcánico (Typic Melanudand), se ha acudido al uso de diferentes estrategias para satisfacer los requerimientos del café mediante el suministro de materia orgánica y/o fertilizantes químicos fosfatados.

Sin embargo, el uso de estos últimos produce muchos inconvenientes para el productor, ya que son muy costosos (Dhankhar *et al.*, 2013; Kaur y Reddy, 2014) y no están al alcance de la gran mayoría de los agricultores; esto conlleva la búsqueda de alternativas que mejoren la biodisponibilidad del P en los suelos a través del uso de materias primas menos costosas y ambientalmente amigables.

Análisis del diámetro del tallo de las plantas

En la siguiente Tabla (2) se encontró diferencias significativas entre tratamientos, los tratamientos estimulados son superiores con relación al testigo en comparación con el testigo, observándose que el tratamiento (4) que se corresponde con la aplicación de aplicación de 6 L.ha⁻¹ de Vigortem® ofreció una mejor respuesta para esta variable de crecimiento en los momentos de medición.

Tabla 2. Efecto de los tratamientos evaluados en la variable diámetro del tallo

Tratamientos	Diámetro del tallo (mm)		
	120 días	150 días	180 días
	Media ± EEx	Media ± EEx	Media ± EEx

T1 3:1(Testigo absoluto de producción)	11,2 ± 0,827b	20,5 ± 1,191b	25,4 ± 1,050c
T2 3:1+vigortem®	15,5 ± 0,205a	19,9 ± 0, 015b	24,7 ± 0, 370c
T3 3:1+CTA-HUMUS®	16,3 ± 0,024a	25,5 ± 0, 301a	30,0 ± 0,804b
T4 5:1+vigortem®	15,6 ± 0,206a	27,9 ± 0, 213a	35,6 ± 0,701a
T5 5:1+ CTA-HUMUS®	11,2 ± 0,827b	20,5 ± 1,191b	25,4 ± 1,050c
T6 7:1+vigortem®	15,5 ± 0,205a	19,9 ± 0, 015b	24,7 ± 0, 370c
T7 7:1+ CTA-HUMUS®	16,3 ± 0,024a	25,5 ± 0, 301a	30,0 ± 0,804b

Media seguida de letras desiguales difieren significativamente de ($p < 0.05$)

Este resultado puede estar dado por la baja disponibilidad de nutrientes en el suelo lo que sugiere los aportes de nutrientes derivados de la mayor dosis de abono orgánico (5:1), para garantizar los requerimientos nutrimentales de las posturas, donde el hongo utiliza los productos del metabolismo de la planta para realizar sus funciones y, a su vez, le retribuyó a esta con el incremento en la absorción y traslocación de nutrientes, necesarios para realizar sus funciones vitales (Rivera y Fernández, 2003).

De acuerdo a Birchler *et al.* (1998) el diámetro nos da una aproximación de la sección transversal del transporte de agua, y está correlacionado con la sobrevivencia en campo. El contenido de sales en la solución del suelo (potencial hídrico) debe mantenerse por debajo de los límites de estrés de la planta, para así obtener un óptimo crecimiento y desarrollo de la planta (Birchler *et al.* 1998).

El estudio de los caracteres morfológicos y morfométricos a través de métodos exploratorios ha sido de gran utilidad para la caracterización de gran variedad de especies de plantas (Albert *et al.* 1991, 2002, Henderson 2006, Mondragón *et al.* 2007, Sánchez-Urdaneta *et al.* 2008).

De igual forma Starck y Lukaszuk (1991) Informaron en investigaciones de producción de plántulas que con altas dosis de fertilizantes es posible incluir aserrín crudo hasta en un 75%, y que con esta mezcla se obtienen los más grandes tallos y diámetros de especies ornamentales. Pudelski (1983) encontró que la mezcla de aserrín crudo y turba en volumen

de 75 y 25% respectivamente, sin olvidar que se deben realizar los ajustes correspondientes con la aplicación de nutrientes.

Análisis de la variable: Número de hojas

Al analizar la variable número de hojas se puede apreciar, que hubo diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 3) se encontró que los tratamientos estimulados son superiores con relación al testigo, y se aprecia que el tratamiento (4) que se corresponde con la aplicación de aplicación de 6 L.ha⁻¹ de Vigortem® ofreció una mejor respuesta para esta variable de crecimiento a partir de los 180 días. Es un resultado lógico si se entiende que el efecto del estimulante y las micorrizas han favorecido la emisión de hojas en esta fase de crecimiento.

Tabla 4. Efecto de los distintos tratamientos en el número de hojas

Tratamientos	Número de hojas (U)		
	120 días	150 días	180 días
	Media ± EEx	Media ± EEx	Media ± EEx
T1 3:1(Testigo absoluto de producción)	2,1 ± 0,313b	4,2 ± 0,224b	5,4 ± 0,021b
T2 3:1+vigortem®	2,2 ± 0,432b	4,5 ± 0,122b	5,9 ± 0,10b
T3 3:1+CTA-HUMUS®	3,2 ± 0,312a	5,3 ± 0,024a	6,5 ± 0,816a
T4 5:1+vigortem®	3,7 ± 0,213a	5,6 ± 0,321a	7,8 ± 0,215a
T5 5:1+ CTA-HUMUS®	2,1 ± 0,313b	4,2 ± 0,224b	5,4 ± 0,021b
T6 7:1+vigortem®	2,2 ± 0,432b	4,5 ± 0,122b	5,9 ± 0,10b
T7 7:1+ CTA-HUMUS®	3,2 ± 0,312a	5,3 ± 0,024a	6,5 ± 0,816a

Media seguida de letras desiguales difieren significativamente de ($p < 0,05$)

En cultivos perennes como el cacao (Aguirre-Medina *et al.*, 2007) y café (Aguirre-Medina *et al.*, 2011) se ha registrado mayor desarrollo vegetal con la inoculación de microorganismos. Este hecho sugiere que el incremento en el desarrollo de la planta hospedera, puede deberse a una mayor capacidad de absorción de nutrientes.

Los estudios realizados por Llonín y Medina, (2002) revelaron que la aplicación de las diferentes relaciones de nutrientes produjo en las plantas respuestas superiores a las obtenidas en el testigo sin fertilizar, encontrando los valores más altos con la adición de NPK,

que aventajó significativamente al resto de los tratamientos. Se conoce que plantas con deficiencias de estos elementos producen brotes enanos, delgados y rígidos, por lo que, para la obtención de plántulas de calidad, es necesaria la aplicación de niveles apropiados de nutrientes minerales.

Análisis de la variable: Índice de Esbeltez

La relación altura/ diámetro o índice de esbeltez (tabla 4, es otro indicador que combina los valores de las variables altura y diámetro, con el fin de tener una mejor predicción de la calidad de la planta. En este sentido se debe subrayar que los valores obtenidos en el presente trabajo indican que las plántulas crecieron equilibradamente en altura y en diámetro, por lo que se obtuvieron plantas de “compleción” media.

Tabla 4. Efecto de los tratamientos evaluados para la variable

Índice de Esbeltez Momento del trasplante	Altura (cm)	Diámetro (mm)	(IE)
T1 3:1(Testigo absoluto de producción)	45,8	25,4	1,8031
T2 3:1+vigortem®	48,3	24,7	1,9555
T3 3:1+CTA-HUMUS®	55,1	30	1,8367
T4 5:1+vigortem®	56,4	35,6	1,5843
T5 5:1+ CTA-HUMUS®	45,8	25,4	1,8031
T6 7:1+vigortem®	48,3	24,7	1,9555
T7 7:1+ CTA-HUMUS®	55,1	30	1,8367

En términos generales, las plántulas que crecieron en el sustrato suelo + pulpa de café sin RF, presentaron los mayores resultados, en las variables peso seco aéreo, peso seco raíz y peso seco total, destacándose los tratamientos inoculados con cada bacteria. Para longitud y volumen de raíz, los tratamientos no se mostraron diferentes, dichas variables se determinaron después de seis meses de ser trasplantadas en las bolsas, tiempo recomendado para trasplantar las plántulas al campo (Sadeghian, 2008).

Para estos tratamientos, dicho período fue suficiente, sin embargo, en el testigo absoluto, tratamiento que involucró plántulas de café que crecieron directamente en el suelo, se

evidenciaron valores más pequeños en las variables de peso seco, longitud y volumen de raíz, valores que no fueron suficientes para recomendar su trasplante al campo. Este índice relaciona la resistencia de la planta con su capacidad fotosintética (Toral, 1997). Se recomienda que los valores sean bajos, lo que indica una planta más robusta y con menos probabilidad de daño físico por la acción del viento, sequía o heladas en el sitio de plantación (Thompson, 1985).

Los resultados el índice de Esbeltez muestra que las plantas producidas en este sistema de producción tienen una buena capacidad para almacenar los carbohidratos, de acuerdo a Prieto *et al.* (2009), las plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por fauna nociva y plantas con diámetros más pequeños no son capaces de sostener tallos elongados haciéndolos más vulnerables a sufrir daño.

La relación entre el índice de esbeltez y las variantes nutricionales aplicados en el estudio son inversamente proporcional, es decir, que a mayores cantidades se obtendrán menores valores de esbeltez, sin embargo, no es absolutamente cierto que esto sea beneficioso para la planta, ya que valores mayores de 10 indicarían una deficiencia en relación a este indicador y sobre todo el crecimiento de la calidad de la planta según lo indicado por Quiroz *et al.*, (2009).

Conclusiones

La aplicación de Vigortem® fue determinante en el crecimiento y vigor de las posturas de *Coffea arabica*, representadas en las variables fisiológicas evaluadas.

El estudio arrojó que de las variantes estudiadas la aplicación de 6 L.ha⁻¹ de Vigortem® es la más efectiva en la obtención de posturas de alta calidad de *Coffea arabica* representado en los mejores valores para las variables fisiológicas evaluadas y un índice de esbeltez de 1,584

Bibliografía

Abdel-Fattah G.M. y Shabana Y.M. 2002. Efficacy of arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus clarum*) in protection of cowpea plants from root rot pathogen *Rhizoctonia solani*. *J Plant DisProtect.* 109(2):207-215.

- Ahmed, Y. M. and Shalaby, E. A. 2012. Effect of different seaweed extracts and compost on vegetative growth, yield and fruit quality of cucumber. *J. Hortic. Sci. Orna. Plants.* 4(3):235-240.
- Almendros G., Dorado J. 2005. Molecular characteristics related to the biodegradability of humic acid preparations. Structural factors related to the biodegradability of laboratory-modified humic acid preparations. *Eur. J. Soil Sci.* 50, 227-236.
- Bolaños, B.M.M.; Rivillas O.C.A.; Suárez V.S. 2000. Identificación de micorrizas arbusculares en suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé*, 51 (4): 245-262.
- Bolleta, A.; Venanzi, S.; Krüger, H. 2002. Respuestas del cultivo de trigo a la inoculación con biofertilizantes en el sur de la provincia de Buenos Aires. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria Bordenane. Argentina. 6p.
- Bonfante P., Genre A. 2008. Plants and arbuscular mycorrhizal fungi: an evolutionary-developmental perspective. *Trends in Plant Science.* 13(9): 492-498.
- Bustamante, C.; Viñals, R.; Pérez, A.; Rodríguez, M.I. y Araño, L. 2010. Fertilización mineral y uso de abono verde en *Coffea canephora* Pierre ex -Froehner cultivado bajo poda sistemática en los macizos montañosos de la Sierra Maestra y Sagua - Nipe – Baracoa. Informe final Proyecto Nacional 07.03.087. Cruce de los Baños: ECICC. 253 p.
- Cabrales, E.; Toro, M.; López, D. 2016. Efecto de micorrizas nativas y fósforo en los rendimientos del maíz en Guárico. *Temas Agrarios*, 21 (2): 21-31.
- Camargo, S.; Esperón, M. 2005. Efecto de la heterogeneidad espacial y estacional del suelo sobre la abundancia de esporas de hongos micorrizógenos arbusculares en el valle semiárido de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Revista de Biología Tropical*, 53 (3-4): 339-52
- Córdova, Georgina. 2010. Mineralización de nitrógeno de diferentes abonos orgánicos. Tesis presentada para obtener el grado de Master en Ciencias. H. Cárdena, Tabasco, México. Colegio de Posgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Campus Tabasco, 85 p.
- Entry, J.; Rygiel, P.; Watrud, L. y Donnelly, P. 2002. Influence of adverse soil conditions on the formation and function of Arbuscular mycorrhiza. *Advances in Environmental Research*, no. 7, p. 123-138. ISSN 2234-1730.

- Fernández, F. 1999. Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares sobre la producción de posturas de caféto (*C. Arábica* L. var. Catuaí) en algunos tipos de suelos. Tesis de grado (Dr. en Ciencias Agrícolas), INCA 102p.
- Fundora, L. R.; Rivera, R.; Martín, J. V.; Calderón, A. y Torres, A. 2011. Utilización de cepas eficientes de hongos micorrízicos arbusculares en el desarrollo de portainjertos de aguacate en un sustrato suelo-cachaza. *Cultivos Tropicales*, vol. 32, no. 2, p. 23-29.
- Genre A., Chabaud M., Timmers T., Bonfante P., Barkerb D. 2005. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Elicit a Novel Intracellular Apparatus in *M. truncatula* Root Epidermal Cells before Infection. *Plant Cell*. 17:3489-3499.