

Respuesta fisiológica de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) al empleo de bioproductos

Physiological response of coffee seedlings (*Coffea arabica* L.) to the use of bioproducts

Autores:

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

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

Margarita del Roció Romero - Verdín², <https://orcid.org/0000-0001-5208-5876>

Armando Modesto Toral - Flores², <https://orcid.org/0009-0008-2911-2959>

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

Filiación Institucional: ¹Universidad de Guantánamo-Cuba. Avenida Che Guevara 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.

Email: yamileidis638@gmail.com, bmonroy17@gmail.com, armando.toral@academicos.udg.mx, margarita.verdin@academicos.udg.mx, omar.posos@academicos.udg.mx

Fecha de recibido: 29 de marzo de 2026

Fecha de aprobado: 19 de mayo de 2026

Resumen

Con el objetivo de evaluar la respuesta de plántulas de *Coffea arabica* L. a la aplicación de *bioproductos* en las condiciones del municipio El Salvador. 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 masa fresca y seca foliar y se determinó el índice de esbeltez; Tallo-raíz y el de calidad de Dickson. Para el análisis estadístico fue utilizado el paquete STATGRAPHICS Versión 5.1 separando las medias a través de la prueba de Duncan. El estudio determinó que la aplicación de bioproductos combinada con las diferentes proporciones de suelo es efectiva en la obtención de posturas de alta calidad de café representado en los mejores valores para las variables fisiológicas evaluadas y los índices de calidad determinados.

Palabras clave: Bioproductos; Variables fisiológicas; Vigortem®

Abstract

The study aimed to evaluate the response of **Coffea arabica** L. seedlings to the application of bioproducts under the conditions of the El Salvador municipality. **Coffea arabica** seeds were used. Seven treatments were applied, replicated five times in a randomized block design. Fresh and dry foliar mass were evaluated, and the slenderness index, shoot-to-root ratio, and Dickson quality index were determined. Statistical analysis was performed using the STATGRAPHICS Version 5.1 software package, with mean separation via Duncan's test. The study determined that the application of bioproducts, combined with various soil proportions, is effective for producing high-quality coffee seedlings, as evidenced by the superior values observed for the physiological variables and quality indices evaluated.

Keywords: Bioproducts; Physiological variables; Vigortem®

Introducción

En Cuba se produce café en los cuatro 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, lo que impone estudiarlos detalladamente. Por lo que se persigue 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. 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. Se emplearon diez tratamientos que se repitieron cinco veces:

T1 3:1 (Testigo absoluto de producción)

T2 3:1+vigortem®

T3 3:1+CTA-HUMUS®

T4 3:1+Vigortem®+ CTA-HUMUS®

T5 5:1+Vigortem®

T6 5:1+ CTA-HUMUS®

T7 5:1+ Vigortem®+ CTA-HUMUS®

T8 7:1+ Vigortem®+

T9 7:1+ CTA-HUMUS®

T10 7:1+Vigortem®+ CTA-HUMUS®

Variables evaluadas

- Masa fresca total (g): se pesaron 20 submuestras de plántulas por tratamientos.
- Masa seca total (g): se pesaron 20 submuestras de plántulas por tratamientos secadas a 70° C por espacio de una semana.

Variables de calidad: con los datos anteriores se estimaron los siguientes índices de calidad:

- Índice de esbeltez: se calculó mediante el cociente de la altura (cm.) entre el diámetro del tallo (mm), mediante la fórmula: $IE = \text{altura de las plantas} / \text{diámetro del tallo}$ (Thompson, 1985).
- Índice Tallo/Raíz (La relación parte aérea/raíz se obtuvo al dividir el peso seco aéreo (g) entre el peso seco radical (g) (Thompson, 1985).
- Índice de calidad de Dickson (ICD) según Dickson *et al.* (1960): se utilizó la ecuación:

$$ICD = MST / RAD + RPAR.$$

Donde:

MST: peso seco total aéreo+ radical (g).

RAD: relación altura (cm)/diámetro (mm).

RPAR: relación peso seco parte aérea (g)/peso seco parte radical (g).

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 variable Masa fresca y seca total

En el estudio de la respuesta agronómica del cultivo se puede observar que al analizar la variable Masa fresca total, (Tabla 1), se encontró que los tratamientos en la Masa fresca y seca total de las plantas de café, se encontró diferencias significativas entre tratamientos, donde se evidencia que los tratamientos estimulados son superiores con relación al testigo, excepto para las proporciones 5:1; 7.1 con Vigortem y la 5:1 con CTA-Humus los cuales ofrecen los valores más bajos. Se debe destacar que los estimulantes con la proporción de suelo 3:1, ofreció una mejor respuesta para esta variable de crecimiento, en los diferentes momentos de medición, aunque se debe destacar que la combinación de estimulantes fue significativa para todas las proporciones de suelo evaluadas.

Tabla 1. Efecto de los tratamientos evaluados para la variable: Masa fresca y seca total en el momento del trasplante (180 días).

Tratamientos	Masa fresca total(g)	Masa seca total (g)
	180 días	180 días
	Media $\pm$ EEx	Media $\pm$ EEx
T1 3:1(Testigo de producción)	225,71 $\pm$ 2,021b	29,40 $\pm$ 0,021b
T2 3:1+vigortem®	275,32 $\pm$ 1,100a	45,94 $\pm$ 0,180a
T3 3:1+CTA-HUMUS®	269,28 $\pm$ 0,816a	46,58 $\pm$ 0,816a
T4 3:1+Vigortem®+ CTA-HUMUS®	277,82 $\pm$ 3,215a	47,87 $\pm$ 0,215a
T5 5:1+Vigortem®	235,90 $\pm$ 4,010b	28,98 $\pm$ 0,160b
T6 5:1+ CTA-HUMUS®	229,28 $\pm$ 1,816b	26,59 $\pm$ 0,806b
T7 5:1+ Vigortem®+ CTA-HUMUS®	265,81 $\pm$ 0,215a	47,88 $\pm$ 0,205a
T8 7:1+ Vigortem®+	234,73 $\pm$ 2,010b	25,97 $\pm$ 0,806b
T9 7:1+ CTA-HUMUS®	226,44 $\pm$ 3,816b	26,50 $\pm$ 0,205b
T10 7:1+Vigortem®+ CTA-HUMUS®	277,82 $\pm$ 1,210ba	48,84 $\pm$ 0,100a

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

Se infiere que la aplicación combinada del estimulante, reflejó los mejores valores, mostrando veracidad en el aumento de estas variables, dando una clara expresión de la diferencia que existe en el desarrollo vegetal de este cultivo bajo la incidencia de este producto. La aplicación de CTA-Humus® y Vigortem® son indicados en momentos de elevada exigencia de crecimiento o en momentos de estrés permite el refuerzo de la zona radicular necesario para la recuperación y reactivación de los cultivos. Según Shibles (1978), el área foliar es la medida usual del tejido fotosintetizador de una comunidad de plantas; es

importante porque determina la cantidad o importe de energía solar que es absorbida y convertida en materiales orgánicos.

Vera (1995) y Prieto *et al.* (2003) señalan que la biomasa de las plantas tiene una fuerte correlación con la supervivencia en campo y sugiere que para mayor consistencia en los resultados se deben manejar los valores de peso seco, debido a que el peso en verde tiene gran variación de agua en los tejidos dentro de una misma especie, lo cual se corroboró en el estudio. El peso seco también es un indicador efectivo cuando se relaciona la parte aérea con el sistema radicular.

Un nivel adecuado de nitrógeno como el que proporciona el CTA-Humus® ayuda a promover el desarrollo de tejidos robustos y lignificados, así como la elongación tallo y crecimiento suculento de la parte aérea en etapas tempranas y de crecimiento rápido. Por el contrario, altos niveles de nitrógeno en el sustrato conllevan a un desbalance entre la parte aérea y la parte radicular, y de esta manera se produce una acumulación de este elemento en el tejido foliar (Camejo, 2016).

Al analizar los resultados obtenidos con la masa fresca se debe considerar la importancia del agua en las plantas. El agua es la sustancia más abundante en los tejidos vegetales. Sin embargo, las partes aéreas de las plantas presentan una mala economía de la misma, ya que del total de agua que absorben por la raíz (100 %) retienen una pequeña porción, que la emplean fundamentalmente en la fotosíntesis (1-2 %) y pierden en forma de vapor por la transpiración entre el 98-99 % del total. La cutícula cubre las células epidérmicas, formando un límite entre la planta y su ambiente exterior; representa una barrera primaria, que minimiza la pérdida de agua y de solutos y, protege la planta contra el estrés biótico y abiótico.

Ensayos realizados por Bolívar *et al.*, (2009) El peso seco radical presentó la mayor variación de respuesta en los tratamientos biofertilizados. La biomasa radical incrementó cuando los microorganismos se aplicaron individualmente. Al final de la evaluación, el mayor incremento se obtuvo con micorrizas y representó el doble de la biomasa radical del testigo y alrededor de 40 % más que los otros tratamientos biofertilizados.

Al analizar la masa seca se evidencia que las plantas que fueron beneficiadas con la aplicación de CTA-Humus® ofrecen una mejor respuesta para esta variable. Se infiere que la aplicación, reflejó los mejores valores, mostrando veracidad en el aumento de estas variables, dando una clara expresión de la diferencia que existe en el desarrollo de este cultivo bajo la incidencia de estos productos, lo que mejora la posibilidad de éxito en la fase obtención de posturas de calidad.

Análisis de la variable: Índice de Esbeltez

La relación altura/ diámetro o índice de esbeltez (Tabla 2), 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 “complexión” media.

Tabla 2. Efecto de los tratamientos evaluados para la variable: Índice de Esbeltez

Índice de Esbeltez Momento del trasplante	Altura (cm)	Diámetro (mm)	(IE)
T1 3:1 (Testigo de producción)	34,15	5,1	6,6961
T2 3:1+vigortem®	42,57	7,12	5,9789
T3 3:1+CTA-HUMUS®	41,49	7,01	5,9187
T4 3:1+Vigortem®+ CTA-HUMUS®	43,65	7,51	5,8123
T5 5:1+Vigortem®	29,32	5,12	5,7266
T6 5:1+ CTA-HUMUS®	28,49	5,01	5,6866
T7 5:1+ Vigortem®+ CTA-HUMUS®	44,65	7,22	6,1842
T8 7:1+ Vigortem®+	27,46	5,3	5,1811
T9 7:1+ CTA-HUMUS®	28,9	5,11	5,6556
T10 7:1+Vigortem®+ CTA-HUMUS®	43,65	7,27	6,0041

Cuando se dice que una planta tiene una parte aérea grande se hace referencia a que tiene un tallo grueso y abundante follaje, pero una planta alta no siempre es robusta, por lo que se utiliza de manera más eficaz el diámetro para predecir la supervivencia de la planta en campo, y la altura es un indicador del crecimiento en plantaciones, por lo que es mejor determinar el IR como una relación de altura/diámetro, de tal manera que se prefieren plantas con un valor de 6 en plantas de hoja ancha, antes que plantas ahiladas (>6) que puedan sufrir daños por viento o animales o achaparradas (<4) que su desarrollo inicial sea

muy lento y tengan desventaja ante la competencia por luz con las especies no deseadas (Villar, 2003; Hasse, 2007).

Las plantas que presentan índices de esbeltez (proporción entre la altura de la planta y su diámetro) intermedios presentan los mayores crecimientos en campo, mientras que tanto las plantas “achaparradas” como las muy “ahiladas” (índices de esbeltez bajos y altos, respectivamente) presentan un menor desarrollo. Las relaciones positivas entre el tamaño de la parte aérea y el desarrollo de las plantas en campo también ocurren con el tamaño del sistema radical (Romero et al., 1986; Dey y Parker, 1997; Mattsson, 1997; Villar-Salvador et al., 2000).

Al respecto, Orozco *et al.* (2010) reportan valores de 5,1, 3,8 y 3,7 para *Tabebuia donell-smithii* de tres meses, *Caesalpineaplalyloba* de tres meses y *S. humilis* de cuatro meses, respectivamente, mientras que en el presente estudio 5,1 fue el valor más bajo. Rueda-Sánchez *et al.* (2013) reportan plantas de *T. rosea* de cuatro meses de edad con 4,1 de índice de robustez y plantas de *S. humilis* con cuatro y medio meses de edad con 3,3 de índice de robustez, lo cual indica que produjeron planta achaparrada, mientras en el presente trabajo la tendencia de valores es hacia el 6, es decir; planta de buena calidad.

Análisis de la variable: Índice Tallo/Raíz

La relación Tallo/Raíz (Tabla 3), es otro indicador que combina los valores de las variables masa seca del tallo y la raíz, con el fin de tener una mejor predicción de la calidad de la planta. Se debe destacar que otro atributo morfológico relevante de la calidad de planta es la proporción entre el tamaño de la parte aérea y la radical (PA/PR).

Tabla 3. Efecto de los tratamientos evaluados para la variable: Índice Tallo/Raíz

Índice Tallo/Raíz Momento del trasplante	Raíz (g)	Tallo(g)	(ITR)
T1 3:1 (Testigo de producción)	77,41	148,3	1,9158
T2 3:1+vigortem®	98,5	176,5	1,7919
T3 3:1+CTA-HUMUS®	94,14	175,14	1,8604
T4 3:1+Vigortem®+ CTA-HUMUS®	96,1	181,7	1,8907
T5 5:1+Vigortem®	78,5	156,5	1,9936
T6 5:1+ CTA-HUMUS®	74,14	155,14	2,0925

T7 5:1+ Vigortem®+ CTA-HUMUS®	94,1	171,7	1,8247
T8 7:1+ Vigortem®+	78,5	156,2	1,9898
T9 7:1+ CTA-HUMUS®	74,14	152,3	2,0542
T10 7:1+Vigortem®+ CTA-HUMUS®	97,1	180,7	1,8610

Como se mencionó, existe una tendencia entre los profesionales de la restauración a valorar positivamente el que las plantas destinadas a repoblaciones, sobre todo a las de zonas secas, tengan más desarrollado el sistema radical que la parte aérea. Existen evidencias de que las plantas con menor PA/PR pueden mantener un mejor estado hídrico con un consumo más moderado de agua en situaciones de deficiencia hídrica (Stewart y Bernier, 1995; Leiva y Fernández-Alés, 1998).

Las diferencias de PA/PR pueden incluso explicar la distinta capacidad de supervivencia que existe entre algunas especies leñosas mediterráneas (Lloret et al., 1999). Sin embargo, a nivel intraespecífico, las relaciones entre PA/PR y la capacidad de desarrollo en campo son menos claras. Las especies presentan grandes diferencias de PA/PR al ser producidas en vivero (Murias, 1998).

Por ejemplo, los individuos de una savia de las especies de *Quercus* tienden a mostrar valores inferiores a 0.8, los de *Pinus* suelen ser mayores a 1 y los de *Arbutus unedo* o *Atriplex unedo* mayores de 2. Dicha variación sugiere que no existe un PA/PR idóneo universal asociado con un óptimo desarrollo de las plantaciones, sino que cada especie tendrá un rango de valores óptimos. Además, los PA/PR óptimos para una especie pueden diferir entre las plantas cultivadas a raíz desnuda y las producidas en contenedor (Romero et al., 1986).

Al igual que la posesión de PA/PR muy elevados puede mermar el desarrollo en campo de una planta debido al deterioro de su balance hídrico, la menor capacidad de crecimiento y supervivencia de las plantas con PA/PR muy bajos probablemente tenga que ver con el deterioro de su balance de carbono, especialmente bajo condiciones de estrés.

Un excesivo desarrollo de tejidos no fotosintéticos (raíces) implica que los sumideros de carbono sean mayores y, por tanto, menor la disponibilidad de carbohidratos para la elongación de los tallos y las raíces. Además, la importancia relativa de los sumideros se

incrementa en situaciones de estrés, obligando a las plantas a emplear en exceso sus azúcares de reserva (Domínguez *et al.*, 2001), que pueden ser fundamentales para que la planta se pueda mantener y sobrellevar las posibles situaciones críticas después de la plantación.

De igual forma resultaron similares a otras especies con otros sustratos, como los encontrados por Rodríguez *et al.*, (2023) con valores entre 11,48 y 12,08, para el índice de esbeltez, y valores bajos para el ICD (entre 0,4 y 0,6); el autor atribuyó estos resultados a la presencia de un gran crecimiento aéreo con respecto al radical debido a un exceso de nutrimentos.

Existen otras formas de evaluar que indican la calidad de las plántulas producida en vivero y es el cociente que resulta de dividir el peso seco de parte aérea (PSPa) entre el peso seco de raíz (PSR).

En especies de latifoliadas tropicales la relación PSPa/PSR es deseable que sea mayor a 2,0, cuando la planta esté destinada para sitios con disponibilidad de agua normal para su tipo de vegetación (selva alta perennifolia, de los 0 a los 750 msnm). La mejor calidad de planta se obtiene cuando la parte aérea es relativamente grande y la raíz mediana, lo que puede garantizar una mayor supervivencia ya que evita que la absorción exceda a la capacidad de transpiración. Por lo tanto, las plantas obtenidas bajo esta metodología no tendrían problemas de supervivencia.

Análisis de la variable: Índice de Calidad de Dickson

La relación Índice de Calidad de Dickson (Tabla 4), es otro indicador que combina los valores del índice de esbeltez y las variables masa seca del tallo y la raíz, con el fin de tener una mejor predicción de la calidad de la planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, lo que evita seleccionar plantas desproporcionadas y descartar ejemplares de menor altura pero con mayor vigor (García, 2007).

Tabla 9. Efecto de los tratamientos evaluados para la variable: Índice de Calidad de Dickson

Índice de Calidad de Dickson Momento del trasplante	Masa seca total (cm)	IE	ITR	(ICD)
T1 3:1 (Testigo de producción)	29,4	6,6961	1,9158	3,4139
T2 3:1+vigortem®	45,94	5,9789	1,7919	5,9119

T3 3:1+CTA-HUMUS®	46,58	5,9187	1,8604	5,9878
T4 3:1+Vigortem®+ CTA-HUMUS®	47,87	5,8123	1,8907	6,2145
T5 5:1+Vigortem®	28,98	5,7266	1,9936	3,7538
T6 5:1+ CTA-HUMUS®	26,59	5,6866	2,0925	3,4181
T7 5:1+ Vigortem®+ CTA-HUMUS®	47,88	6,1842	1,8247	5,9783
T8 7:1+ Vigortem®+	25,97	5,1811	1,9898	3,6216
T9 7:1+ CTA-HUMUS®	26,5	5,6556	2,0542	3,4372
T10 7:1+Vigortem®+ CTA-HUMUS®	48,84	6,0041	1,8610	6,2097

Este índice relaciona el peso, la altura y el diámetro de la planta y es considerado uno de los mejores parámetros morfológicos que expresa la calidad de la planta (Dickson *et al.*, 1960; Birchler *et al.*, 1998). En estudios realizados la variable ICD no presentó diferencias estadísticas significativas para diferentes sustratos empleados y se produjeron planta con valores entre 1,38 e como el valor más bajo y 2,59 como el valor más alto, siendo que el valor aceptado como de calidad alta corresponde a un valor de 0,5 para latifoliadas (Rueda-Sánchez *et al.*, 2013).

En su caso, Villalón- Mendoza *et al.* (2016) reportan planta de *Q. canbyde* seis meses de edad con ICD de 5,28, en contraste a los valores del presente estudio donde no se superó el 2,59 de ICD. Por su parte Rueda-Sánchez *et al.* (2013) informaron la calidad de planta forestal producida en viveros del estado de Nayarit donde se muestran valores entre 0,2 y 0,4 en el ICD para especies latifoliadas de entre dos y cuatro meses de edad, mientras que para plantas de siete meses de edad de *Pinusdouglassiana* y *P. devoniana* reportan valores de 0,2 y 0,5 respectivamente, con lo que la planta evaluada en el presente estudio se considera con buenos valores de ICD. Si se compara el valor de ICD del tratamiento fluvisol (1,95) como testigo, por ser el utilizado de manera tradicional en los viveros de Nayarit, tenemos que los tratamientos con valores superiores a este ofrecen una mejor calidad en dicha variable.

De acuerdo a la metodología de Rueda *et al.* (2010), los valores calculados en este trabajo indican que las plantas cumplen con los estándares de calidad para ser plantadas en campo. En experimentos realizados en condiciones controladas con árboles tropicales se encontró que los plántones mostraron una respuesta limitada (una especie) o ninguna respuesta (siete especies) en su crecimiento en biomasa o altura cuando son sometidos a diferentes frecuencias de riego. Solamente después de una sequía prolongada se encuentran respuestas marcadas en el crecimiento y la supervivencia de plantines.

Una de las críticas contra el uso de las plantas de gran tamaño y PA/PR elevados es que consumen más agua que las plantas más pequeñas. Sin embargo, mientras existan recursos hídricos suficientes en el suelo, como suele suceder en los periodos húmedos del año, las plantas de talla y PA/PR más grandes no necesariamente tienen que sufrir más estrés hídrico que las plantas de menor tamaño o PA/PR (Stewart y Bernier, 1995; Lamhamedi *et al.*, 1998).

Las plantas de PA/PR muy bajos pueden tener un desarrollo peor en las restauraciones porque su balance de carbono sea más desfavorable. Dicho tipo de planta precisará desviar una cantidad de carbohidratos mayor para el mantenimiento de estructuras no fotosintéticas preexistentes, disponiendo de menos azúcares para el crecimiento de tallos, hojas y nuevas raíces.

Existen dos ejemplos adicionales que avalan el mejor desarrollo en las restauraciones de plantas de mayor tamaño y disponibilidad de nutrientes de las que se utilizan actualmente. Por un lado, en las repoblaciones forestales de Canadá, país en el que existe una legislación muy restrictiva sobre la utilización de herbicidas, se ha comenzado a utilizar plantones significativamente más grandes y con elevada concentración de nutrientes como una alternativa al uso de herbicidas.

Dicho tipo de planta es más eficiente en ambientes con una fuerte competencia herbácea (Timmer *et al.*, 1991; Lamhamedi *et al.*, 1998). El segundo ejemplo es el que se da en la regeneración natural de especies leñosas. Las plántulas con más probabilidad de ser reclutadas son las provenientes de semillas grandes, que se caracterizan por ser más grandes y tener mayor contenido de nutrientes y carbohidratos de reserva, en definitiva, los individuos más vigorosos (Tripathi y Khan, 1990; Ke y Werger, 1999; Seiwa, 2000).

Aunque las plantas de mayor tamaño tengan más probabilidad de arraigo no implica que cualquier individuo grande pueda ser recomendado para su plantación. Tal como se ha adelantado es fundamental que exista un equilibrio entre la altura del individuo y su diámetro basal. Las plantas de mayor edad también son más grandes, pero ello no implica que puedan

tener una mayor capacidad de arraigo. En este caso concreto, otros procesos relacionados con la edad y que no conocemos bien pueden ser limitantes para el desarrollo de las plantas.

Por ejemplo, en determinadas especies, los individuos crecidos en contenedor pueden presentar problemas de deformaciones radicales que no tienen por qué influir negativamente en el crecimiento de la planta en vivero pero sí en el campo.

El café ha sido orientada a proyectos de reconversión productiva en terrenos abandonados con historial de uso agropecuario (Ramírez *et al.*, 2008). Sin embargo, muchas de ellas no han tenido el éxito esperado debido a la alta mortalidad y al pobre crecimiento de las plantas. Dichos problemas se asocian a diversos factores entre los que sobresale la vulnerabilidad del cultivo al ataque de plagas (Zeller, 1848) y a la severa degradación del suelo en los sitios de plantación (Calixto *et al.*, 2015). Sin embargo, el impacto de cada uno de ellos ha sido mayor por el uso de planta de baja calidad, que no reúne las características morfológicas y fisiológicas apropiadas a las condiciones de los sitios de destino (Conafor, 2012).

En vivero, la obtención de esas características está relacionada con la implementación de diversas prácticas culturales (Rodríguez, 2008). La elección de una o más depende de su efectividad en el aumento de la calidad de planta en los taxa que se desea producir (Jacobs y Wilkinson, 2009).

El estado nutricional de las plantas juega un papel fundamental en la capacidad de desarrollo post-plantación. En contra de lo que muchos profesionales dedicados a la reforestación y a la producción de plantas piensan, las plantas que reciben una fertilización elevada y, por tanto, que presentan una concentración o un contenido (concentración x masa) de nutrientes minerales elevado en los tejidos suelen sobrevivir y crecer más después de la plantación que las poco fertilizadas y con un estado nutricional pobre (Timmer *et al.*, 1991; van den Driessche, 1992; Oliet *et al.*, 1997; Villar-Salvador *et al.*, 2000). El nitrógeno suele ser el elemento mineral más importante ya que es el más abundante en la planta y está implicado en procesos fisiológicos clave.

La fertilización, especialmente la nitrogenada, condiciona positivamente el tamaño y estado nutricional de las plantas. No todas las especies presentan los mismos requerimientos en cantidad de nutrientes y equilibrio de elementos, ni tampoco responden de manera semejante a la fertilización. Por ejemplo, las especies de *Quercus* tienen una respuesta menos aparente a los tratamientos de fertilización que las coníferas, por lo que erróneamente muchos viveristas no las fertilizan. En cualquier caso debe rechazarse el uso de planta no fertilizada.

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 determinó 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.
- Abdel-Fattah G.M., El-Haddadb S.A., Hafez E.E., Rashadd Y.M. 2011. Induction of defense responses in common bean plants by arbuscular mycorrhizal fungi. *Microbiological Research.* 166: 268-281.
- 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.
- Almendros G., Martin F., González-Vila F.J. 2007. Depolymerization and degradation of humic acids with sodium perborate. *Geoderma*, 39, 235–247.

- Azcón-Bieto, J. y Talon, M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. Ediciones. Universidad de Barcelona. McGraw-Hill. Interamericana. España. 515 p.
- Bittman. S.; Kowalenko, C.G.; Hunt, D.E.; Forge, T.A.; Wu, X. 2006. Starterphosphorus and broadcast nutrients on corn with contrasting colonization by mycorrhizae. *Agron. J.* 98: 394 – 401.
- 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 Bordenave. Argentina. 6p.
- Bonfante P., Genre A. 2008. Plants and arbuscular mycorrhizal fungi: an evolutionary-developmental perspective. *Trends in Plant Science*. 13(9): 492-498.
- Bonfante P., Requena N. 2011. Dating in the dark: how roots respond to fungal signals to establish arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Current Opinion in Plant Biology*. 14(4):451–457.
- 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.
- Cabral, 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.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11.1

- Entry, J.; Rygielwicz, 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 cafeto (*C. Arábica* L. var. Catuaí) en algunos tipos de suelos. Tesis de grado (Dr. en Ciencias Agrícolas), INCA 102p.
- Fernández, F. 2003. La simbiosis micorrízica arbuscular. En: Rivera, R. y Fernández, K.(Eds). Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana., 166 p.
- Fernández, F., Gómez, R., Martínez, M.A. y de la Noval, B.M. 2001 Producto inoculante micorrizógeno. Patente No. 22 641. Cuba.
- 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., Barker D. 2005. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Elicit a Novel Intracellular Apparatus in *M. truncatula* Root Epidermal Cells before Infection. *Plant Cell*. 17:3489-3499.