

**Respuesta de plántulas de café *Coffea arabica* (L.) al uso de micorrizas y CTA-Humus®**  
**Response of coffee seedlings *Coffea arabica* (L.) to the use of mycorrhizae and CTA-Humus®**

**Autores:**

<sup>1</sup>Ing.Maite Mora-Ronda <https://orcid.org/0000-0002-6955-6715>

<sup>2</sup>MSc. Marconis Martínez-Martén <https://orcid.org/0000-0002-3306-5113>

<sup>2</sup>Dr.C Adrián Montoya-Ramos <https://orcid.org/0000-0003-3691-2143>

<sup>2</sup>MSc Tania Williams-Piedra <https://orcid.org/0000-0003-3032-5116>

<sup>3</sup>MSc. Benito Monroy-Reyes. <https://orcid.org/0000-0002-4162-0770>

**Organismo:** <sup>1</sup>Empresa Agroforestal III Frente Oriental. Santiago de Cuba. Cuba. <sup>2</sup>Facultad Agroforestal, Universidad de Guantánamo-Cuba. <sup>3</sup>Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA). Universidad de Guadalajara (UdG). Jalisco. México.

**E-mail:** [montoya@cug.co.cu](mailto:montoya@cug.co.cu)

**Fecha de recibido:** 4 nov. 2021

**Fecha de aprobado:** 18 feb. 2022

**Resumen**

Con el objetivo de evaluar la respuesta de plántulas de *Coffea arabica* L a la aplicación de *Glomus cubense* y CTA-Humus® en las condiciones edafoclimáticas y tecnológicas del vivero "El Algarrobo", de la localidad de las Manuelas en el consejo popular de la Tabla del municipio Tercer Frente. Se desarrolló un ensayo donde se utilizaron semillas de *C. arabica*, peletizadas una hora antes de la siembra y fueron asperjadas con el acondicionador de suelos CTA-Humus®. Se emplearon cuatro 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. Se obtuvo que la aplicación separada y combinada de *Glomus cubense* y CTA-Humus® fue determinante en el crecimiento y vigor de las posturas de *Coffea arabica* L. representado en los mejores valores para las variables fisiológicas evaluadas.

**Palabras Clave:** plántulas de café, micorrizas y CTA Humus®

**Abstract**

With the objective of evaluating the response of *Coffea arabica* L seedlings to the application of *Glomus cubense* and CTA-Humus® in the edaphoclimatic and technological conditions of the "El Algarrobo" nursery, in the town of "Las Manuelas" in the popular council "La Tabla" of the Third Front municipality. A trial was developed where *C. arabica* seeds were used, pelletized one hour before sowing and sprinkled with the CTA-Humus® soil conditioner. Four treatments were used that were replicated five times in a randomized block design. Height (cm), number of leaves (U), stem diameter (mm) and fresh and dry leaf mass were evaluated. It was obtained that the separate and combined application of *Glomus cubense* and CTA-Humus® was decisive in the growth and vigor of *Coffea arabica* L. postures, represented in the best values for the physiological variables evaluated.

**Keywords:** coffee seedlings, mycorrhizae, CTA-Humus®

## **Introducción**

El café (*Coffea* spp.) es un cultivo de suma relevancia a nivel mundial por su alto valor como bebida de consumo (Alemayehu, 2017) y por ser uno de los productos agrícolas más importantes, ocupando el segundo puesto en el comercio internacional luego del petróleo (Labouisse *et al.*, 2008). Las regiones tropicales y subtropicales del mundo son los lugares donde se cultiva mayormente, derivándose, directa o indirectamente de su producción, los ingresos de más de 125 millones de personas (Tran *et al.*, 2016).

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 taxones que se desea producir (Jacobs y Wilkinson, 2009).

En otras, con el uso adecuado de soluciones nutritivas no solo se ha observado una mejora en la forma (Orikiriza *et al.*, 2009; Maldonado *et al.*, 2011), sino también en aspectos de orden fisiológico, que se refieren al estado nutrimental como uno de los principales atributos mejorados (Chirino *et al.*, 2011; Bernardi *et al.*, 2012), lo que se relaciona con la dosis aplicada.

El creciente interés en relación con la utilización de los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) viene dado, fundamentalmente, porque la simbiosis micorrízica aumenta de forma marcada la absorción de nutrientes como el nitrógeno, potasio, calcio, zinc, magnesio y especialmente el fósforo, mejora el transporte y la absorción del agua en el vegetal y contrarresta el ataque de patógenos por la estimulación de los mecanismos de defensa bioquímica, mientras que los efectos beneficiosos de la inoculación con las bacterias rizosféricas se deben, entre otras, a su habilidad para producir sustancias como antibióticos, vitaminas y hormonas vegetales, y proveer a la planta de elementos tan importantes como el nitrógeno (Bustamante *et al.*, 2010; Tamayo *et al.*, 2015)

Otra de las novedosas formas es la utilización de algas como estimulantes en combinación con ácidos húmicos y fúlvicos para su uso en la agricultura, premisa que se ha convertido en un sector en crecimiento, ya que diferentes estudios científicos han demostrado que tienen efectos notables en el crecimiento y rendimiento y al ser naturales están aptos para la agricultura ecológica (Rodríguez y Orellana, 2008; Zermeño *et al.*, 2015; Químicas-Meristem, 2020).

Entre estos productos elaborados a partir de sustancias húmicas se encuentra CTA-Humus<sup>®</sup>, el mismo es un producto acondicionador de suelos con alto contenido en fósforo y ácidos húmicos, especialmente diseñado para favorecer el enraizamiento de los cultivos, está especialmente indicado durante las primeras fases de desarrollo de los cultivos (Químicas Meristem. S. L, 2018).

El manejo de los HMA, integrado a la producción de plántula en vivero, es indispensable para asegurar el éxito de adaptación de las repoblaciones bajo condiciones naturales (Allen *et al.*, 2003); por tal motivo, es importante integrar paquetes tecnológicos diferentes como es el caso de los productos derivados de algas del género *Asocpyllum* y los hongos micorrizógenos. Para dar respuesta a la hipótesis se propone el siguiente objetivo general: Evaluar la respuesta de plántulas de *Coffea arabica* L a la aplicación de *Glomus cubense* y CTA-Humus<sup>®</sup> en las condiciones edafoclimáticas y tecnológicas del vivero "El Algarrobo".

## **Materiales y métodos**

El trabajo se desarrolló en el vivero de El Algarrobo, en la localidad de las manuelas sobre un sustrato de suelo pardo sialítico mullido carbonatado con una proporción de materia orgánica 3:1. En el periodo de marzo de 2020 a septiembre de 2021. Las variables climáticas se

muestran en la Tabla 1. Se utilizaron semillas de *Coffea arabica*, las mismas fueron peletizadas una hora antes de la siembra con agua destilada y las micorrizas, según los criterios de Rivera y Fernández (2003). El acondicionador de suelos CTA- Humus® se asperjó en la parte superior del sustrato en el momento de la siembra según las dosis estipuladas por el proveedor.

### **Se aplicaron los siguientes tratamientos**

T1- (Testigo absoluto producción)

T2- Aplicación de *Glomus cubense*

T3 – Aplicación de CTA- Humus®

T4 – Aplicación de CTA- Humus® + *Glomus cubense*

### **Se evaluaron las siguientes variables**

Estas fueron evaluadas a los 45 y 60 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.
- 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.

Los resultados experimentales fueron sometidos a Análisis de Varianza según el diseño empleado de bloques al azar con cuatro tratamientos y cinco réplicas por tratamiento. 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). Para el análisis estadístico fue utilizado el paquete STATGRAPHICS Versión 5.1

## **Resultados y discusión**

### **Análisis de la altura de las plantas.**

En la respuesta altura de las plantas (**tabla 2**), se encontró diferencias significativas entre tratamientos, los tratamientos estimulados son superiores a partir de los 120 días con relación al testigo, observando que el tratamiento (4) que se corresponde con la aplicación de CTA- Humus® + *Glomus cubense* ofreció una mejor respuesta para esta variable de crecimiento, en los diferentes momentos de medición.

**Tabla 2.** 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)<br>(Testigo absoluto producción)       | 36,8 ± 1,436b | 45,8 ± 1,436b | 61,2 ± 1,857d |
| (T2)<br>Aplicación de <i>Glomus cubense</i> | 36,3 ± 2,682b | 48,3 ± 2,682b | 69,5 ± 1,955c |
| (T3)<br>Aplicación de CTA- Humus®           | 40,1 ± 2,084a | 55,1 ± 2,084a | 75,3 ± 1,304b |

|   |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|
| (T4)<br>Aplicación de CTA- Humus® + <i>Glomus cubense</i> | 41,4 ± 1,869a | 56,4 ± 1,869a | 80,6 ± 1,576a |
|---|---------------|---------------|---------------|

**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.

**Análisis del diámetro del tallo de las plantas** En la siguiente Tabla (3) se encontró diferencias significativas entre tratamientos, los tratamientos estimulados son superiores con relación al testigo en comparación con el testigo, observando que el tratamiento (4) que se corresponde con la aplicación de CTA- Humus® + *Glomus cubense* ofreció una mejor respuesta para esta variable de crecimiento, en los dos momentos de medición.

**Tabla 3.** 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)<br>(Testigo absoluto producción)                     | 20,5 ± 1,195c           | 25,4 ± 1,550c | 31,2 ± 0,807d |
| (T2)<br>Aplicación de <i>Glomus cubense</i>               | 19,9 ± 0,065c           | 24,7 ± 0,378c | 35,5 ± 0,905c |
| (T3)<br>Aplicación de CTA- Humus®                         | 25,5 ± 0,306b           | 30,0 ± 0,894b | 41,3 ± 0,004b |
| (T4)<br>Aplicación de CTA- Humus® + <i>Glomus cubense</i> | 29,9 ± 0,243a           | 35,6 ± 0,781a | 45,6 ± 0,506a |

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

Las micorrizas con su acción, facilitan la interacción suelo-planta, por lo que propicia el desarrollo de la rizosfera, la cual elabora hormonas de crecimiento y otras muchas sustancias útiles al vegetal (Tamayo *et al.*, 2014; 2015ab). Abdel-Fattah y Shabana, (2002)

argumentaron que la exudación es una estrategia de las plantas que estimula la actividad de los microorganismos del suelo provechosos para las mismas; a su vez los microorganismos mejoran el estado nutricional de las plantas, pueden ser capaces de modificar los exudados que estas producen para favorecer y seleccionar a las bacterias que más contribuyan a su desarrollo. Siguiendo estos mismos criterios, informan resultados similares (Bonfante y Requema, 2011).

Lo anterior confirma lo alcanzado por algunos autores Pérez *et al.* (2011) quienes informaron buena efectividad cuando utilizaron la cepa *Glomus mosseae* y *Glomus intraradices* en suelos con características similares al utilizado en el experimento, en las especies forestales *Albizia cubana* (Bacona) y *Swietenia macrophylla* (caoba de honduras). Estos autores interpretan sus resultados con el argumento de que el hongo incrementa la toma de fósforo mediante las hifas extra radicales, lo cual incrementa la eficiencia en el uso de nutrientes.

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 translocación de nutrientes, necesarios para realizar sus funciones vitales (Rivera y Fernández, 2003).

Esto está dado, porque las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas existentes entre ciertos hongos del suelo y las raíces de las plantas superiores. Donde los hongos se benefician con el suministro de fuentes carbonatadas provenientes de la planta y esta se beneficia por mayor exploración del suelo, lo que aumenta la capacidad de absorción de agua, nutrientes minerales y el crecimiento y desarrollo de la planta (Bustamante *et al.*, 2010).

#### **Análisis de la variable: Número de hojas**

Al analizar la variable número de hojas se puede apreciar, que hubo diferencias significativas entre tratamientos (**tabla 4**) 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 CTA- Humus® + *Glomus cubense* 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)<br>(Testigo absoluto producción)                     | 12,4 ± 0,024b       | 21,9 ± 0,613c | 41,2 ± 0,244d |
| (T2)<br>Aplicación de <i>Glomus cubense</i>               | 13,9 ± 0,70b        | 28,2 ± 0,442b | 49,5 ± 0,102c |
| (T3)<br>Aplicación de CTA- Humus®                         | 19,5 ± 0,826a       | 30,2 ± 0,112b | 55,3 ± 0,044b |
| (T4)<br>Aplicación de CTA- Humus® + <i>Glomus cubense</i> | 19,8 ± 0,225a       | 39,7 ± 0,213a | 56,6 ± 0,321a |

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

En cultivos perennes como el cacao (Aguirre-Medina *et al.*, 2007) 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.

En ensayos realizados por Aguirre-Medina *et al.*, (2014) la simbiosis doble (*R. intraradices* y *A. brasilense*) sin fertilizante químico produjo nueve hojas más que el testigo. En el caso de los hongos micorrízicos, la actividad fotosintética se incrementa después de la colonización (Sylvia, 2005).

En todos los casos, los tratamientos propuestos por Aguirre-Medina *et al.*, (2014), con los microorganismos solos o combinados indujeron mayor crecimiento en el café en comparación con el testigo. Posiblemente, el crecimiento se produjo por el aumento en la capacidad de absorción de las plantas micorrizadas (Leigh, Hodge, & Fitter, 2009) y la mineralización y solubilización de nutrientes (Wright, Scholes, Read, & Rolfe, 2005), o bien, por el mayor crecimiento radical promovido por *A. brasilense* (Hungría, Campo, Souza, & Pedresa, 2004).

Estas prácticas agrícolas han mostrado en su empleo por separado beneficios a diversos cultivos agrícolas y han sido recomendados por diversos investigadores como soluciones paliativas a necesidades nutricionales de las plantas y se percibe a través de este estudio que su uso de manera conjunta trae consigo indiscutibles ventajas en el desarrollo agrícola (Fundora *et al.*, 2011).

Aplicado al suelo o a la planta actúa como racionalizante de fertilización ya que hace asimilables en todo su espectro a los macro y micro nutrientes, evitando la concentración de sales. Crea además un medio ideal para la proliferación de organismos benéficos, bacterias, hongos, etc; que impiden el desarrollo de patógenos, reduciendo sensiblemente el riesgo en el desarrollo de enfermedades. Además, estimula la humificación propia del suelo ya que incorpora y descompone los residuos vegetales presentes en el suelo (Salinas *et al.* (2014).

#### **Análisis de la variable Masa Fresca Total**

En el estudio de la respuesta agronómica del cultivo se puede observar que al analizar la variable Masa Fresca Total, (**tabla 5**), 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 CTA- Humus® + *Glomus cubense* ofreció una mejor respuesta para esta variable de crecimiento, en los dos momentos de medición. Y se evidencia que las plantas que fueron beneficiadas con la combinación de CTA- Humus® + *Glomus cubense* mostraron mayor masa.

**Tabla 5.** Efecto de los tratamientos evaluados para la variable: Masa fresca total en el momento del trasplante (180 días).

| Masa fresca total (g)  |                                       |   |                                   |   |
|------------------------|---------------------------------------|---|-----------------------------------|---|
| Momento del trasplante | Plántulas de <i>Coffea arabica</i>    |   |                                   |   |
|                        | (T1)<br>(Testigo absoluto producción) | (T2)<br>Aplicación de <i>Glomus cubense</i> | (T3)<br>Aplicación de CTA- Humus® | (T4)<br>Aplicación de CTA- Humus® + <i>Glomus cubense</i> |
|                        | Media                                 | Media                                       | Media                             | Media   |
|                        | 691,33c                               | 747,25b                                     | 840,95b                           | 858, 32a  |



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

Se infiere que la aplicación 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® + *Glomus cubense* en momentos de elevada exigencia de producción o en momentos de estrés permite el refuerzo de la zona radicular necesario para la recuperación y reactivación de los cultivos.

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 (Landis *et al.* 1989). 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 (Ramírez, 2015).

En un estudio realizado en posturas de cafeto en Brasil, también se encontró que posturas cultivadas a la sombra, presentaron mayor crecimiento del área foliar de forma lineal, lo que indica plasticidad fenotípica de las posturas para adaptarse a esas condiciones ecofisiológicas.

El área foliar específica (AFE), mostró los menores valores en el tratamiento de pleno sol ( $146,14 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ), con diferencia respecto a los demás. Dentro de los tratamientos con restricción lumínica, el 20 % obtuvo el menor valor ( $186 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ), con diferencias frente a los demás tratamientos. Esto implica que las posturas del tratamiento de pleno sol, aunque presentaron menor área foliar y menor peso seco total, dado el mayor grosor de sus hojas, invirtió menor superficie por masa seca. Al respecto, en plantaciones de café cultivadas con niveles de iluminación baja o relativamente baja se ha demostrado el aumento del área foliar específica, como respuesta de las plantas a esas condiciones.

Uno de los principales beneficios que las plantas reciben en simbiosis con los hongos micorrízicos es la aportación de P. Muchos estudios han demostrado que las plantas micorrizadas absorben P del suelo de manera más eficiente que las plantas no colonizadas (Aguirre-Medina y Kohashi-Shibata, 2002).

Se han obtenido resultados semejantes en el incremento de absorción de P en plantas de *C. arabica* y *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze inoculadas con *G. intraradices* y *R. intraradices*, respectivamente (Aguirre-Medina *et al.*, 2011; Moreira-Souza & Cardoso, 2002). De acuerdo con los resultados obtenidos, los microorganismos pueden facilitar el transporte de N y P en las plantas de café; cabe mencionar que es posible establecer que *R. intraradices* beneficia la reducción del uso de fertilizantes fosfatados en los viveros.

**Análisis de la variable: Masa seca total**

Al analizar la masa seca se evidencia que las plantas que fueron beneficiadas con la aplicación de CTA-Humus® + *Glomus cubense* 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.

**Tabla 6.** Efecto de los tratamientos evaluados para la variable Masa seca total en el momento del trasplante (180 días).

| Masa seca total (g)    |                                       |   |                                   |   |
|------------------------|---------------------------------------|---|-----------------------------------|---|
| Momento del trasplante | Plántulas de <i>Coffea arabica</i>    |   |                                   |   |
|                        | (T1)<br>(Testigo absoluto producción) | (T2)<br>Aplicación de <i>Glomus cubense</i> | (T3)<br>Aplicación de CTA- Humus® | (T4)<br>Aplicación de CTA- Humus® + <i>Glomus cubense</i> |
|                        | Media                                 | Media                                       | Media                             | Media   |
|                        | Los                                   | 28,53d                                      | 33,20c                            | 36,25b  |
| EEx                    | 0, 211                                |   |                                   |   |

resultados están influenciados por los nutrientes que aportan el CTA- Humus® + *Glomus cubense* al ser absorbido por las raíces y por su efecto en el incremento de la actividad microbiana cuando es segregado por las raíces, haciendo más eficiente la asimilación de los nutrientes, y con esto logra un equilibrio nutricional, mejorando la resistencia de las plantas a las condiciones adversas estresantes para el cultivo.

La masa seca total a los 105 DDT presentó los valores mayores en los tratamientos de 20 y 50 % de luz aunque con diferencias significativas entre ellos, similar comportamiento se encontró en plantas de tabaco, donde se demostró correspondencia de este indicador de crecimiento con la intensidad de la iluminación. Así mismo, la velocidad de acumulación de la masa seca se fue incrementando a medida que se disminuyó la intensidad de la luz de 0,021 g d<sup>-1</sup> a pleno sol hasta 0,050 g d<sup>-1</sup> en condiciones de 20 % de luz. Los valores de mayor masa seca total en niveles de menor iluminación, demuestran una mayor eficiencia del follaje en la interceptación y utilización de la radiación solar disponible durante el ciclo de crecimiento.

Al analizar la masa seca por órganos, se observó que los valores mayores en hojas, se obtuvieron en el tratamiento de 20% de luz; seguido del tratamiento a pleno sol, con diferencia significativa entre ellos. Los menores valores (1,82 y 1,92 g) se presentaron en los tratamientos de 70 y 50 % de luz, sin que existiera diferencia entre ellos. En otros estudios en café, se encontró que los valores más altos se produjeron en plantas sometidas a 50% de luz.

El mayor crecimiento puede estar relacionado con el incremento de algunas sustancias del crecimiento, producto de la simbiosis. Aguirre-Medina *et al.* (2011) citan incremento en el peso seco del sistema radical de *C. arabica*, al aplicar *G. intraradices* y *A. brasilense* solos y combinados.

Por su parte Luna- Ramírez *et al.*, (2010) determinó que los sustratos en general, en la acumulación de peso seco foliar, tallos y raíz no se determinó un efecto significativo de la interacción de las mezclas de sustratos con las fertilizaciones evaluadas

La aplicación de dosis superiores a las óptimas para las plantas micorrizadas reduce la simbiosis micorrízica hasta casi inhibirla, sin embargo, los rendimientos no disminuyen, lo que indica que las plantas garantizan sus requerimientos nutricionales pero no a través de la



micorrización. Las dosis óptimas de fertilizantes para las plantas micorrizadas dependen de los cultivos en cuestión y de la fertilidad del suelo (Siqueira y Franco, 1988; Bittmam *et al.*, 2006).

En Cuba, se dispone tanto de inoculantes micorrízicos que se aplican en dosis bajas, del 6 al 10 % del peso de las semillas como de una información experimental amplia para el manejo efectivo de las cepas inoculadas de HMA en diferentes cultivos, ambientes edáficos e integrados a las prácticas culturales y validados a escala productiva en cultivos como frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), yuca (*Manihot sculenta* Crantz) entre otros (Rivera *et al.*, 2012).

Por otra parte, el sistema de inoculación y el manejo cultural de los HMA constituyen tecnologías ecológicamente racionales y aparecen como prácticas de base biológica promisorias para la producción agraria (Rivera *et al.*, 2012).

### **Conclusiones**

La aplicación separada y combinada de *Glomus cubense* y CTA-Humus® fue determinante en el crecimiento y vigor de las posturas de *Coffea arabica*, representadas en las variables fisiológicas evaluadas. Y se debe extender la variante de aplicación combinada de *Glomus cubense* y CTA-Humus® a los productores de posturas *Coffea arabica*.

### **Referencias bibliográficas**

- 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 Dis Protect.* 109(2):207-215.
- 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.; Krügerl, 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.
- 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.
- Lozano, S.J.; Armbrecht, I.; Montoya, L.J. 2015. Hongos formadores de micorrizas arbusculares y su efecto sobre la estructura de los suelos en fincas con manejos agroecológicos e intensivos. *Acta Agronómica*, 64 (4): 289-296.
- Morales, C; Calaña, J. M; Corbera, J. y Rivera, R. 2011. Evaluación de sustratos y aplicación de hongos micorrízicos arbusculares en *Begonia* sp. *Cultivos Tropicales*, vol. 32, no. 2, p. 17-22.
- Rivera, R.; 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.

- Rivera, R.; Fernández, F.; Fernández, Kalyanne, Ruiz, L.; Sánchez, C. y Riera, M. 2007. Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystem. En: Editores Hamel, C. y Plenchette, C. Mycorrhizae in Crop Production. Editorial Haworth Press, Binghamton, N. Y., p. 151-196. ISBN 978-1-56022-306-1. DOI: 10.13140/RG.2.1.1771.2162
- Sánchez, C.; Caballero, D.; Cupull, R.; González, C.; Urquiag, S. y Rivera, R. Los abonos verdes y la inoculación micorrízica de plántulas de *Coffea arabica* sobre suelos Cambisoles gléyicos. *Cultivos Tropicales*. 2009, vol. 30, no. 1, p. 25-30.
- Senn, T.L. 1987. Seaweed and plant growth. Traducido al Español por Benito Canales López. Crecimiento de alga y planta. Ed. Alpha Publishing Group, Houston, Texas, USA.
- Tamayo, Y., Martín, G., Corona, Y.; Barraza, F. 2015a. Respuesta de la *Canavalia ensiformis* (L) D.C. ante la coinoculación de *Rhizobium* y hongos micorrízicos arbusculares. *Hombre, Ciencia y Tecnología*. 19(1): 100-108.
- Tamayo, Y., Martín, G.; Anselmo, C. 2014. Respuesta de la *Canavalia ensiformis* (L) D.C. ante la coinoculación de aislados de *Rhizobium* sp. y hongos micorrízicos arbusculares en suelos pardos carbonatados. *Investigación y Saberes*. 3(2):50 - 56.