

# 03

Fecha de presentación: mayo, 2019

Fecha de aceptación: junio, 2019

Fecha de publicación: agosto, 2019

## RESPUESTA DE CROTALARIA JUNCEA (L.) A LA INOCULACIÓN CON ESPECIES DE HONGOS MICORRÍZICO ARBUSCULARES EN UN SUELO PARDO GRISÁCEO

## RESPONSE OF CROTALARIA JUNCEA (L.) TO INOCULATION WITH ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI SPECIES IN A GRIZZLY BROWN SOIL

Lázaro J. Ojeda Quintana<sup>1</sup>

E-mail: [ljojeda@ucf.edu.cu](mailto:ljojeda@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8629-5695>

Consuelo Hernández Rodríguez<sup>2</sup>

Lairy Sánchez Cordero<sup>2</sup>

Roberto M. Sainz Lombó<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario Municipal Cumanayagua. Cienfuegos. Cuba.

<sup>2</sup> Unidad Científico Tecnológica de Base. Suelos. Cumanayagua. Cienfuegos. Cuba.

### Cita sugerida (APA, sexta edición)

Ojeda Quintana, L. J., Hernández Vilches, M. E., Sánchez Cordero, L., & Sainz Lombó, R. (2019). *Respuesta de Crotalaria juncea (L.) a la inoculación con especies de hongos micorrízico arbusculares en un suelo pardo grisáceo*. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 23-30 Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### RESUMEN

Con el objetivo de seleccionar especies efectivas de hongos micorrizicos arbusculares (HMA) en la especie de leguminosa *Crotalaria juncea* (L.), utilizada como abono verde se desarrolló una investigación en áreas experimentales del Centro Universitario Municipal de Cumanayagua basado en inoculaciones de esta leguminosa con diferentes especies de HMA, control con fertilización mineral completa y un testigo absoluto, todos en un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. Se evaluaron el rendimiento de biomasa (g/plantas), contenido de NPK en planta (%), relación carbono nitrógeno y parámetros biológicos de la micorrización. Los análisis estadísticos se realizaron mediante ANOVA y se empleó la prueba de Tukey, con el uso del programa estadístico SPSS, versión 15.0. Los resultados alcanzados mostraron el mayor rendimiento de biomasa en la fertilización mineral, *Funneliformis mosseae*, *Glomus cubense*, *Rhizoglomus irregulare* y *Claroideoglomus claroideum* superaron al testigo, a excepción del Consorcio que no difirió del mismo. *Funneliformis mosseae* y el control alcanzaron el mayor porcentaje de nitrógeno en la planta, de igual forma esta especie tuvo el mayor contenido de fósforo, mientras que el potasio fue mayor en el NPK. **Palabras clave:**

Abono verde, inoculación, nutrientes, suelo, biofertilizantes.

### ABSTRACT

With the objective of selecting effective different species of arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) in *Crotalaria juncea* (L.) used as green manures, an experimental work was developed in Municipal University Center of Cumanayagua based on inoculations of *Crotalaria juncea* (L.) with different arbuscular mycorrhizal species, application of NPK and a witness without inoculating, all in a design of Blocks at random with seven treatments and three repetitions. There were evaluated yield of dry biomass (g/plants), indexes of NPK (%) in the air part, relationship carbon nitrogen and biological indicators of the symbiosis. The statistical analyses were carried out by means of ANOVA and the test of multiple ranges of Tukey was used, using as tool, the statistical program SPSS, version 15.0. The reached results showed the biggest yield of biomass in the mineral fertilization, *Funneliformis mosseae*, *Glomus cubense*, *Rhizoglomus irregulare* and *Claroideoglomus claroideum* overcame the witness, to exception of the Consorcio, that didn't differ of the same one. *Funneliformis mosseae* and the control reached the biggest nitrogen percentage in the plant, of equal it forms *Funneliformis mosseae* had the biggest assimilable phosphorus contained. The potassium was bigger in the NPK.

### Keywords:

Green manure, inoculation, nutrients, soil, biofertilizers.

## INTRODUCCION

Los abonos verdes constituyen una práctica agronómica que consiste en la incorporación de una masa vegetal no descompuesta de plantas cultivadas con la finalidad de mejorar la disponibilidad de nutrientes y las propiedades del suelo. En la actualidad se ha ampliado la definición a las plantas que se siembran para la cobertura del suelo, protegerlo de la erosión, controlar las arvenses y uso como alimento animal y humano. El valor de los abonos verdes como vía para el suministro de nitrógeno ha sido reconocido durante siglos por los agricultores.

Castro (2016), refiere resultados de diferentes autores que han trabajado el tema de los abonos verdes y que en las últimas décadas en Latinoamérica se han evaluado distintas especies de leguminosas como abonos verdes y cultivos de cobertura en sistemas de producción. Por ejemplo, el frijol terciopelo (*Mucuna* spp), *Dolichos lablab*, *Vicia faba* y *Phaseolus coccineus*, también *Canavalia ensiformis*, *Centrosema pubescens* *Clitoria ternatea*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Desmanthus virgatus*, *Indigofera tinctoria*, *Lablab purpureus*, *Macroptilium atropurpureum*, *Mucuna aterrima*, *Mucuna pruriens*, *Stylosanthes guianensis*, *Teramnus uncinatus*, *Vigna mungo*, *Vigna radiata*, *Vigna unguiculata*.

Con miras a buscar alternativas de manejo para el mejoramiento de la fertilidad de los suelos cultivados por agricultores de bajos recursos, se ha hecho uso de tecnologías agroecológicas como los abonos verdes, cuyos aportes investigativos a nivel mundial, buscan generar una base teórica que explique la importancia de su aplicación y potencialidades dentro del manejo de agroecosistemas. Generalmente se usan leguminosas solas o mezcladas, las cuales en simbiosis con rizobios, adquieren la capacidad de fijar el N<sub>2</sub> atmosférico, elemento que circula por la planta simbiote y luego se incorpora parcialmente al suelo para ser aprovechado por los cultivos de interés comercial que se siembran.

Dentro de los cultivos de cobertura, uno de los más estudiados como abono verde resulta la *Crotalaria*, que constituye uno de los mayores géneros de la familia Fabaceae con cerca de 690 especies distribuidas en regiones tropicales y subtropicales de Asia, África y América del Sur. La especie *Crotalaria juncea* (L.) es un excelente cultivo de cobertura o estiércol verde. Germina y se desarrolla rápidamente, tiene un hábito de crecimiento denso que suprime las malezas, reduce la población de nematodos en el suelo, fija nitrógeno atmosférico y produce abundante materia orgánica.

Otro beneficio asociado a la utilización de este tipo de plantas es que incrementan la actividad y diversidad de los microorganismos del suelo, como los hongos micorrízicos arbusculares, resultante de la asociación mutualista entre algunos hongos del suelo y la raíz de la mayoría de las plantas. En ella, el micelio del hongo coloniza la corteza radical a modo de endófito y proyecta sus hifas tanto al interior como al exterior de la raíz, donde se estima que más del 80% de las plantas terrestres forman este tipo de asociación. Estas incluyen muchas especies de cultivo importantes en la agricultura y horticultura.

El efecto de los hongos micorrízicos arbusculares que primero se describió, y que hasta los años 90 fue el principal objeto de estudio de la simbiosis microbio-planta, fue su influencia en la captación de nutrientes. La clave de esta actividad, radica en que, cuando la colonización interna está bien establecida, las hifas del hongo pueden crecer externamente desde la raíz de la planta hacia el suelo (micelio externo). Concretamente, se sabe que cada cm de raíz puede sustentar más de 1 m de hifas externas, que se extienden más de 10 cm de la superficie de la raíz. Esto les permite explorar un volumen de suelo considerablemente superior y captar nutrientes en zonas alejadas de la raíz.

Así mismo facilitan la captación de agua por la planta. Adicionalmente, las micorrizas confieren a las plantas una mayor capacidad de resistencia/tolerancia a situaciones que pueden causarles estrés, como son salinidad, sequía, contaminación, ataque de patógenos, etc. Por estas razones el uso racional de los hongos micorrízicos como inoculantes en agricultura puede representar una reducción sustancial de agroquímicos tales como fertilizantes y productos fitosanitarios etc., por lo se les reconoce un gran potencial en el contexto de la agricultura sostenible (Azcón-Aguilar & Barea, 2015).

Resulta necesario incrementar los volúmenes de abono verde al suelo, partir de *Crotalaria juncea* (L.), para ello, incorporar a los sistemas de producción alternativas que puedan contribuir con dicho incremento resulta fundamental, por ello, el objetivo del presente trabajo es determinar el efecto de la inoculación con diferentes especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el rendimiento y calidad de *Crotalaria juncea* (L.) como cultivo de cobertura y abono verde, y seleccionar las especies con mejor respuesta.

## MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en un área demostrativa del “Centro Universitario Municipal Cumanayagua” (CUM), provincia de Cienfuegos. Como unidad

experimental se emplearon bolsas de polietileno con capacidad para 2.5 kg. El suelo utilizado clasifica como Pardo Grisáceo con un pH (H<sub>2</sub>O) de 5,6, 1.23 y 4.43 mg/100g/suelo de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente y 2.93% de materia orgánica.

Las variantes estudiadas fueron evaluadas en un diseño en bloques al azar con tres réplicas y los siguientes tratamientos:

1. *Funneliformis mosseae*.
2. *Glomus cubense*.
3. *Rhizoglomus irregulare*.
4. *Claroideoglomus claroideum*.
5. Consorcio (mezcla de las especies anteriores).
6. Control NPK.
7. Testigo.

Las especies utilizadas fueron: *Funneliformis mosseae* Nicol. y Gerd. Walker y Schüßler (Schüßler & Walker, 2011), *Glomus cubense* Y. Rodr. y Dalpé, *Rhizoglomus irregulare*, N.C. Schenck & G.S. Sm. Sieverd., G.A. Silva & Oehl (Sieverding, Da Silva, Berndt & Oehl, 2014) y *Claroideoglomus claroideum*, Schenck y Smith (Schüßler & Walker, 2011), procedentes de la colección de especies de HMA del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

Para su aplicación se empleó un inoculante sólido certificado que contenía 30 esporas g<sup>-1</sup> de sustrato. La inoculación de los HMA se realizó por el método del recubrimiento de las semillas, para lo cual estas se sumergieron en una pasta fluida, elaborada mediante la mezcla de una cantidad de inóculo sólido equivalente al 10 % de su peso y agua. Se evaluó la emergencia de las plántulas.

A los 54 días se procedió al corte de las plantas, a 5 cm sobre el suelo, donde se cuantificó la masa verde de la planta íntegra y se tomó una muestra homogénea para el laboratorio para determinar materia seca total (MST%), contenido (%) de nitrógeno (digestión húmeda con H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> + Se y colorimetría con el reactivo de Nessler), fósforo (digestión húmeda con H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> + Se y colorimetría con molibdato de amonio.), potasio (digestión húmeda con H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> + Se y fotometría de llama). Fue calculada la relación carbono nitrógeno (C: N) y el rendimiento de biomasa de acuerdo a la fórmula que sigue:

Rendimiento de Biomasa = (Masa Verde (g planta) x % Materia Seca/100

Las raíces fueron muestreadas y clarificadas por la técnica de tinción de Rodríguez, Arias, Medina, Mujica, Medina, Fernández & Mena (2015), para determinar la Colonización micorrízica (% Col) por el

método de los interceptos y la Densidad visual de la colonización (% DV), según la escala propuesta por Herrera-Peraza, Furrázola, Ferrer, Fernández-Valle & Torres-Arias (2004): cero: ausencia de HMA; 1: baja intensidad; 2: 0,5- 3: 15,5- 4: 35,5 y 5: 47,5 % respectivamente, así como el Conteo de esporas por la metodología de Gerdemann & Nicolson (1963) con una extracción en 50 g de suelo.

Se calculó el Índice de Eficiencia (IE), a partir de los rendimientos de biomasa seca (BS), según la fórmula de Siqueira & Franco (1988):

$$IE = \frac{\text{Rendimiento Biomasa inoculado} - \text{Rendimiento Biomasa testigo} \times 100}{\text{Rendimiento Biomasa testigo}}$$

Los resultados se procesaron estadísticamente mediante un ANOVA, previa comprobación de los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad; y se empleó la prueba de Tukey para la comparación de las medias, con una confiabilidad del 95 %, mediante el uso del programa estadístico SPSS, versión 15.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los cuatro y seis días se registró el 100 % de emergencia de las plántulas en todas las variantes evaluadas, lo que indicó una viabilidad óptima de la semilla utilizada. No hubo diferencias entre los tratamientos evaluados.

La Figura 1 muestra el rendimiento de biomasa. El mayor valor se encontró en la variante con la fertilización mineral. Se aprecia cómo las especies *Funneliformis mosseae*, *Glomus cubense*, *Rhizoglomus irregulare* y *Claroideoglomus claroideum* superaron al testigo, a excepción del Consorcio que no difirió del testigo. Se debe tener en cuenta que no todas las combinaciones HMA/planta hospedera resultan compatibles, al mostrar diferencias estructurales y funcionales entre especies, e incluso entre morfotipos de una mismas especies, por lo que, algunas resultan más beneficiosas para un hospedero que otras.

Guerra (2009), refiere que los hongos micorrízicos arbusculares se comportan de manera diferente con respecto a la función que realizan, al igual que las plantas difieren en su respuesta según sea la especie micorrízica que la colonice, por lo que según este autor, un conglomerado de especies de HMA le brindará a las plantas mayor desarrollo vegetal y mayores relaciones benéficas. Los resultados alcanzados en el trabajo no coinciden con este autor respecto al efecto favorable del conglomerado de especies de HMA, si tenemos en cuenta que el

Consortio evaluado resultó el de menor rendimiento entre todos los tratamientos.

El comportamiento anterior, pudiera estar relacionado con lo planteado por Harris-Valle, Esqueda, Valenzuela-Soto & Castellanos (2009), cuando señalaron que no todas las especies micorrízicas tienen el mismo efecto sobre las plantas que colonizan o simplemente estos no se manifiestan con la misma intensidad, por lo que la eficiencia en la simbiosis HMA depende de las especies asociadas. Un mayor peso se le atribuye a que se está aplicando un conglomerado de diferentes especies, las que interactúan entre sí, de conjunto con la rizosfera de la planta y la comunidad microbiana que convive en ese espacio.

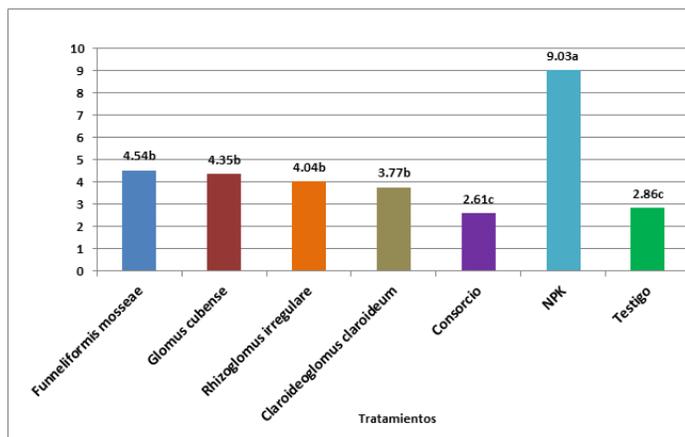


Figura 1. Rendimiento de Biomasa (g/planta).

ES±: 0,587\*

Letras distintas en la misma columna difieren entre sí, Tukey (P≤0,05).

En el análisis de los resultados alcanzados no se puede soslayar lo planteado por Pérez, Arocha, Medina, Fernández & Rivera (2018), al evaluar el efecto del pH en el funcionamiento de cepas de HMA “in vitro” y “ex vitro”, que consideraron que el pH determina en muchos casos la eficiencia del endófito, el porcentaje de germinación y el desarrollo de las esporas de los HMA, por lo que maximizar los efectos benéficos asociados a la interacción micorrízica dependen en primera instancia de su eficiencia, determinada en términos de funcionamiento micorrízico asociado al pH del suelo.

En experimentos en Puerto Rico con *Crotalaria juncea* en fincas de la región montañosa y en dos estaciones del año se observó una producción de 733 a 2,241 lb/acre (821 a 2,509 kg/ha) de biomasa a los 120 días después de la siembra sin aplicación de fertilizantes minerales, lo que indica el potencial de esta especie para producir cantidades elevadas

de forraje, que indistintamente pueden ser incorporadas como abonos verde, este resultado indica la importancia de profundizar en los estudios con esta leguminosa, teniendo en cuenta el alto potencial que representa para el suelo como abono verde.

En Cuba se han realizado varias investigaciones que permiten afirmar que el tipo de suelo define cuáles son las especies de HMA eficientes para una determinada condición edafoclimática (alta especificidad suelo-cepa de HMA), Rivera-Espinosa, et al., (2017), de acuerdo a estos criterios reportaron los mejores resultados de *Funnelformis mosseae*, en un rango de pH(H<sub>2</sub>O) entre 4,7-5,8 (coincide con el mejor comportamiento de los resultados del trabajo), *Glomus cubense* (pH 5,7-6,1) y *Rhizogloium irregulare* (pH 6,7-8); esto puede justificar el comportamiento del Consortio, al incluir especies recomendadas como más efectivas para diferentes rangos de pH del suelo, por lo que su interacción pudo no ser totalmente compatible, como para producir efectos marcados en la planta hospedera.

El Índice de Eficiencia Micorrízica se aprecia en la Tabla 1, el mismo fue mayor en *Funnelformis mosseae* (58,74%), seguido de *Glomus cubense* (52,09), *Rhizogloium irregulare* (41,26%) y *Claroideogloium claroideum* (31,84), por su parte el Consortio no resultó eficiente. En todos los casos la misma estuvo relacionada con el rendimiento de biomasa alcanzado.

La eficiencia micorrízica es la capacidad de un endófito de influir positivamente sobre el crecimiento de la planta, su rendimiento, aumentar el número de propágulos o mejorar la transferencia de nutrientes. Es resultado de la interacción fisiológica entre los simbioses, está determinada por el tipo de hongo micorrizógeno, la planta hospedante, la interfase simbiótica y el tipo específico de suelo o sustrato, su grado de fertilidad y disponibilidad de agua. Los resultados alcanzados contribuyen en la selección de las especies con mejor comportamiento o respuesta a la simbiosis.

Tabla 1. Índice de Eficiencia Micorrízica en relación al testigo.

Tratamientos	IEM %
<i>Funnelformis mosseae</i>	58,74
<i>Glomus cubense</i>	52,09
<i>Rhizogloium irregulare</i>	41,26
<i>Claroideogloium claroideum</i>	31,81
Consortio	-

En los resultados que se discuten todas las especies de HMA evaluadas pertenecen al mismo género, y sin embargo hubo diferencias en la respuesta de la planta hospedera (rendimiento y eficiencia micorrizica). Smith & Read (1997); y Van der Heijden (1997), citados por Quilambo (2003), refieren que aparentemente, las especies de HMA no tienen especificidad en la elección de sus hospederos, sin embargo, diferencias en los efectos que las HMA causan sobre el crecimiento de los individuos que colonizan indican que éstas responden a especies específicas de HMA, y consecuentemente, hay un aumento en la diversidad y productividad de las plantas en un ecosistema determinado, criterios que deben ser tomados en cuenta para la aplicación de HMA a escala de producción.

Aunque la efectividad que puede ser alcanzada por la inoculación depende del manejo dado a la planta y al suelo. Así, se informa que la cepa *Rhizophagus intraradices* (INCAM-11) es la más eficiente en suelos arcillosos de alta fertilidad, *Funneliformis mosseae* (INCAM-2) favorece la colonización en suelos ácidos de baja fertilidad y la especie *Glomus cubense* (INCAM-4) es más efectiva en suelos de fertilidad media a alta (Fernández & Rivera, (2003).

El contenido de nutrientes de las plantas se muestra en la Tabla 2. En el nitrógeno *Funneliformis mosseae*, *Glomus cubense*, *Rhizoglyphus irregularis* y el Consorcio superaron estadísticamente al testigo. *Funneliformis mosseae* y el control no mostraron diferencias, lo que indica una respuesta favorable de estas especies de HMA en las condiciones de suelo en que se condujo el trabajo. El porcentaje más bajo de nitrógeno se encontró en *Claroideoglomus claroideum*, sin diferencias del testigo.

La respuesta a la absorción del fósforo mostró a la especie *Funneliformis mosseae* con el mejor

resultado, difiriendo estadísticamente de los restantes tratamientos, quienes no mostraron diferencias entre sí. La respuesta de *Funneliformis mosseae* fue marcada, resultado interesante, ya que los HMA juegan un papel vital en la toma del P en los suelos, principalmente en las zonas tropicales donde las cantidades asimilables de este elemento son bajas.

Fernández & Rivera, (2003), en condiciones de suelo ácido, similares al evaluado, reportaron un comportamiento favorable de esta especie, que además coincide con el efecto que se le atribuye a los HMA de favorecer la absorción de fósforo en suelos de muy baja fertilidad natural.

El mayor contenido de potasio se encontró en la variante NPK, con diferencias absoluta del resto de los tratamientos. Todas las variantes inoculadas difirieron del testigo. En cuanto a las especies entre sí, las mejores respuestas fueron en el Consorcio y *Claroideoglomus claroideum*. Entre *Funneliformis mosseae*, *Glomus cubense* y *Rhizoglyphus irregularis* no hubo diferencias estadísticas.

El potasio se mueve en la solución del suelo con mayor facilidad que el P. En algunos casos la elevada absorción de este nutriente coincide con un efecto indirecto para eliminar deficiencias de P, por lo que el comportamiento de las variantes inoculadas con los HMA favoreció el contenido de dicho elemento en la planta.

Las leguminosas son plantas que responden más vigorosamente a la inoculación con HMA y una mayor asociación de las hifas para un incremento en la transferencia de nutrientes. Este planteamiento ratifica los resultados que se muestran al evaluar el contenido de nutrientes (NPK), donde se observaron diferencias en las plantas inoculadas con las diferentes especies respecto al testigo sin inoculación.

Tabla 2. Contenido de NPK en *Crotalaria juncea* (L.) a los 54 días.

Tratamientos	% de elementos		
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
<i>Funneliformis mosseae</i>	2.94 ab	0.36 a	1.47c
<i>Glomus cubense</i>	2.75 b	0.22 b	1.37 c
<i>Rhizoglyphus irregularis</i>	2.53 b	0.23 b	1.40 c
<i>Claroideoglomus claroideum</i>	2.13 cd	0.22 b	1.50 b
Consorcio	2.78b	0.26 b	1.70 b
Control	3.12 a	0.29 b	2.53 a
Testigo	2.07 d	0,22 b	1.28 d
ES±	0.123*	0,039*	0,245*

Letras distintas en la misma columna difieren entre sí, Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

García, Rivera, Cruz, Acosta & Cabrera (2017), evaluaron en condiciones de campo la respuesta de *Canavalia ensiformis* a la inoculación con diferentes cepas de hongos micorrízicos arbusculares en un tipo genético de suelo Ferralítico Amarillento Rojizo Lixiviado de macetas con un pH de 5,5. Los resultados mostraron el mayor crecimiento y desarrollo de la canavalia por la inoculación con la cepa *Glomus cubense*, con una producción de masa seca foliar de 7,3 t ha<sup>-1</sup> y los mayores contenidos de NPK en relación al testigo sin inocular.

Un aspecto fundamental en la descomposición de los abonos verdes en el suelo es su relación carbono/nitrógeno, la que se muestra en la Figura 2. Se aprecia que los tratamientos no difirieron estadísticamente, y la relación C:N osciló entre 18.25 y 20.44, Seneviratne (2000), ubica estos valores en correspondencia con residuos capaces de mineralizar el nitrógeno del suelo, lo que indica la factibilidad de utilizar esta leguminosa como abono verde para mejorar el suelo en áreas destinadas a la producción.

Se ha reportado que plantas con relaciones C:N mayores a 27 inmovilizan N, mientras que plantas con una relación C:N menor a 27 mineralizan N, siendo 25 el valor crítico de equilibrio entre inmovilización y mineralización.

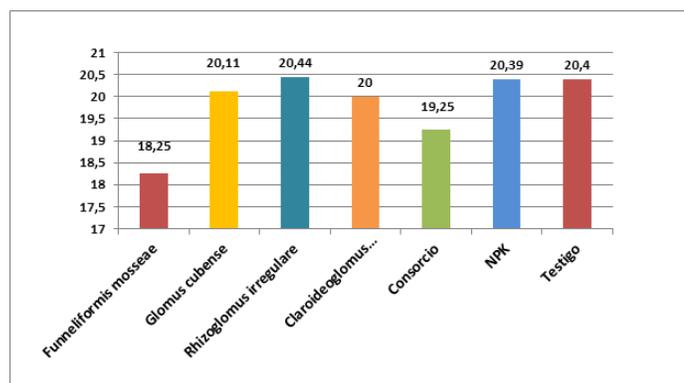


Figura 5. Relación C:N en *Crotalaria juncea* (L.).

ES±: 2,034<sup>ns</sup>

En plantas utilizadas como abonos verdes resulta muy importante tener en cuenta la relación carbono nitrógeno, la cual puede resultar variable de acuerdo con las especies y la edad de las mismas. En general, el rango óptimo en los residuos orgánicos de leguminosas se encuentra en 25:1 y 30:1 Si el residuo inicial es rico en carbono y pobre en nitrógeno, la descomposición será lenta, en el caso contrario, en materiales con altas concentraciones de nitrógeno, este se transformará en amoníaco impidiendo la correcta actividad biológica.

Rivero & Paolini (2005), en diferentes observaciones en condiciones de campo encontraron que la relación inicial de C/N en *Crotalaria juncea* osciló entre 25,6 y 27,3 y 180 días posteriores a la incorporación al suelo, la misma se incrementó solamente hasta 28,2 y 28,9, de igual forma en otra variante de incorporación evaluada hubo valores iniciales entre 9,0 y 14,0, y 96 días después de incorporada la misma fue de 20.0, este comportamiento se asocia con diferentes factores en el suelo que intervienen en el proceso de descomposición del abono verde.

Diversos autores han demostrado que la relación C/N de las plantas empleadas como abonos verdes influye decisivamente en la retención o no del nitrógeno. El conocer la relación C/N de los abonos verdes permite estimar cómo se comportarán la descomposición y mineralización después de la incorporación. A mayor relación C/N y por ende mayor cantidad de lignina y celulosa, más lenta será la descomposición de los residuos, los cuales tienden a acumularse en el suelo de forma parcialmente descompuesta. Los valores encontrados en el trabajo se ubican en el rango que tiende a favorecer el proceso de mineralización del nitrógeno.

En la Tabla 3 se aprecia la colonización de las raíces por los HMA y su densidad visual (DV), así como la cantidad de esporas en 50 g de suelo. Los porcentajes de colonización micorrízica y densidad visual alcanzados se pueden considerar bajos. Esta respuesta pudo haber estado condicionada por la edad fisiológica del cultivo, el que solo contaba 54 días de edad cuando se realizaron los análisis, sin embargo, hubo respuesta de la planta en los indicadores de rendimiento, eficiencia micorrízica y contenido de nutrientes. No hubo diferencias entre los tratamientos en cuanto a la colonización de las raíces por las micorrizas, aunque *Glomus cubense* y el Consorcio mostraron los mayores valores.

Tabla 3. Indicadores biológicos de la simbiosis micorrízica en *Crotalaria juncea* (L.)

Tratamientos	Coloni- zación	D. Visual	Nro espo- ras/50g
	%	%	
Funnelformis mosseae	13 a	3.17 a	23.94 a
<i>Glomus cubense</i>	16 a	0.38 b	25.38 a
<i>Rhizogloium irregulare</i>	8 b	0.95 b	19.56 a
<i>Claroideogloium claroideum</i>	11 a	0.15 b	22.5 a
Consorcio	14 a	0.33 b	22.72 a
Control	5 b	0.65 b	11.18 b
Testigo	3 b	0.03 c	11.84 b

ES±	0,316*	0,474*	1.387*
-----	--------	--------	--------

Letras distintas en la misma columna difieren entre sí, Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

La Densidad visual, expresa con mayor claridad la intensidad de la colonización micorrízica en la raíz, así como el funcionamiento micorrízico, a través del intercambio simbiótico del hongo con la planta, la misma fue mayor en *Funneliformis mosseae*, con diferencias del resto de los tratamientos, lo que se corresponde con el mayor rendimiento y eficiencia micorrízica alcanzado y el porcentaje mayor de fósforo en la planta.

Mena, et al. (2013), evaluaron el uso de consorcios micorrízicos y la especie *Glomus cubense* en un experimento en condiciones de invernadero, a pesar de que en las variables de crecimiento no existieron diferencias significativas entre los tratamientos inoculados, el consorcio mostró los mayores valores en las variables micorrízica, los resultados indicaron las diferencias funcionales existentes entre las especies de HMA desde un punto de vista ecológico.

## CONCLUSIONES

En el estudio se registró el 100% de emergencia de *Crotalaria juncea* (L.), sin diferencias entre tratamientos. El mayor rendimiento de biomasa se encontró en la fertilización mineral, *Funneliformis mosseae*, *Glomus cubense*, *Rhizogloium irregulare* y *Claroideogloium claroideum* superaron al testigo, a excepción del Consorcio que no difirió del mismo.

El Índice de Eficiencia Micorrízica fue superior en las especies *Funneliformis mosseae*, *Glomus cubense*, *Rhizogloium irregulare* y *Claroideogloium claroideum*. *Funneliformis mosseae* y el control alcanzaron el mayor porcentaje de nitrógeno en la planta, sin diferencias estadísticas. *Funneliformis mosseae*, *Glomus cubense*, *Rhizogloium irregulare* y el Consorcio superaron estadísticamente al testigo, que no difirió de *Claroideogloium claroideum*, con el valor más bajo.

*Funneliformis mosseae* alcanzó el mayor contenido de fósforo, con diferencias estadísticas del resto de los tratamientos, quienes no mostraron diferencias entre sí. El contenido de potasio fue mayor en el NPK, con diferencia absoluta del resto de los tratamientos. Las variantes inoculadas con los HMA difirieron del testigo. Las especies de HMA *Funneliformis mosseae*, *Glomus cubense* y *Rhizogloium irregulare* fueron seleccionadas, de acuerdo a la respuesta alcanzada por *Crotalaria juncea* (L.).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azcón-Aguilar, C., & Barea, J. M. (2015). Nutrient cycling in the mycorrhizosphere. In, L. Gianfreda, Biogeochemical processes in the rhizosphere and their influence on plant nutrition. Special issue of the Journal of *Soil Science and Plant Nutrition*, 25(2), 372-396. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/jssp/v15n2/aop3515.pdf>
- Castro, E. (2016). Utilización de leguminosas forrajeras como abonos verdes para la producción de cultivos forrajeros y leche en ganaderías doble propósito en el trópico seco. (Tesis doctoral). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Fernández, K., & Rivera, R. (2003). Bases científico-técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. En, R., Rivera y K., Fernández, Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe. La Habana: INCA.
- García, M., Rivera, R., Cruz, Y., Acosta, Y., & Cabrera, J. R. (2017). Respuesta de canavalia ensiformis (L.) a la inoculación con diferentes cepas de hongo micorrízico arbuscular en un suelo FARL. Cultivos Tropicales, 38(1), 7-12. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362017000100001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000100001)
- Gerdemann, J. W., & Nicolson, T. H. (1963). Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society, 46(2), 235-244. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007153663800790>
- Guerra-Sierra, B. E. (2009). Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. Tecnología en Marcha, 21(1), 191-201. Recuperado de [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/1352](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/1352)
- Harris-Valle, C., Esqueda, M., Valenzuela-Soto, E. M., & Castellanos, A. E. (2009). Tolerancia al estrés hídrico en la interacción planta-hongo micorrízico arbuscular: Metabolismo energético y fisiología. Revista Fitotecnia Mexicana, 32(4). Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802009000400004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802009000400004)
- Herrera-Peraza, R. A., Furrázola, E., Ferrer, R. L., Fernández-Valle, R., & Torres-Arias, Y. (2004). Functional strategies of root hairs and arbuscular mycorrhizae in evergreen tropical forests, Sierra del Rosario, Cuba. Revista CENIC. Ciencias Biológicas, 35 (2), 113-123. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1812/181226079010.pdf>

- Pérez, E., Arocha, M., Medina, L., Fernández, K., & Rivera, R. (2018). Efecto del pH en el funcionamiento de cepas de HMA in vitro y ex vitro. En: X Simposio de Caracterización y Manejo de Microorganismos Rizosféricos. XXI Congreso Científico Internacional del INCA.
- Quilambo, O. (2003). The vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *African Journal Biotechnology*, 2(12), 539-546. Recuperado de <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/14884>
- Rivera-Espinosa, R., et al. (2017). Bases y beneficios del manejo conjunto de Canavaliaensiformis e inoculantes micorrízicos arbusculares en los sistemas de suministro de nutrientes de diferentes cultivos. San José de las Lajas: Ediciones INCA.
- Rivero, T., & Paolini, J. (2005). Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre la evolución del CO<sub>2</sub> de dos suelos venezolanos. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(12), 37-49.
- Rodríguez, Y., Arias, L., Medina, A., Mujica, Y., Medina, L. R., Fernández, K., & Mena, A. (2015). Alternativa de la técnica de tinción para determinar la colonización micorrízica. *Cultivos Tropicales*, 36(2), 18-21. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n2/ctr03215.pdf>
- Schüßler, A., & Walker, C. (2011). Evolution of the 'Plant-Symbiotic' Fungal Phylum Glomeromycota. Evolution of fungi and fungal-like organisms. In, S. Pöggeler and J. Wöstemeyer. (pp. 163-585). Heidelberg: Springer-Verlag.
- Seneviratne, G. (2000). Litter quality and nitrogen release in tropical agriculture: a synthesis. *Biology and Fertility of Soils*, 31(1), 60-64. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s003740050624>
- Sieverding, E., Da Silva, G. A., Berndt, R., & Oehl, F. (2014). *Rhizoglosum* a new genus of the Glomeraceae. *Mycotaxon*, 129(2), 373-386.
- Siqueira, J. O., & Franco A. A. (1988). *Biotechnología do solo. Fundamento e perspectivas*. Rio de Janeiro: Ministerio de Educação (MEC).
- Smith, S., & Read, D. (2009). *Mycorrhizal Symbiosis*. London: Academic Press.