



Evaluación del potencial de hongos *micorrizas* y bacterias *RHIZOBIUM* en el desarrollo fenológico y rendimiento del cultivo de frijol (*PHASEOLUS VULGARIS*)

Evaluation of the potential of *mycorrhizal* fungi and *RHIZOBIUM* bacteria in the phenological development and yield of the bean (*PHASEOLUS VULGARIS*) crop

Randalth. C. Medina Flores*, Miguel. J. Bárcenas, María. D. Sánchez Miranda, Anjery T. Lagos Morales, Meylin Aquino Jiménez.

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-león. Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinaria. León, Nicaragua.

randalth.medina@ev.unanleon.edu.ni

miguel.barcenas@ev.unanleon.edu.ni

delfina.sanchez@ev.unanleon.edu.ni

(recibido/received: 16-agosto-2023; aceptado/accepted: 18-noviembre-2023)

RESUMEN

El estudio se realizó en el Centro Nacional de Referencia en Agroplaticultura (CNRA) del Campus Agropecuario UNAN-León, El frijol (*Phaseolus vulgaris*) se ha cultivado históricamente en función de la dieta alimenticia básica del nicaragüense. El objetivo de esta investigación fue evaluar la disponibilidad de nutrientes en suelos inoculados con *Micorrizas* y *Rhizobium* analizando su efecto en el desarrollo vegetativo y rendimientos del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*). El diseño utilizado fue un BCA en el que se establecieron tres bloques, distribuidos aleatoriamente en el área de estudio, esta se dividió en 4 tratamientos (T1: *Micorrizas*, T2: *Rhizobium*, T3 *Micorrizas* + *Rhizobium* y T4: Testigo) con 3 repeticiones para un total de 12 unidades experimentales, cada unidad experimental fue de 3m de largo por 3m de ancho con una separación entre cada subparcela de 0.50cm. Se realizó un Análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa estadístico SPSS con 95% de confianza y realizando una comparación de medias con Tukey. Los resultados demostraron que existió diferencia significativa entre los tratamientos, donde el T3 obtuvo mayor promedio de altura, diámetro, número de hojas, número de vainas, granos por plantas, conteo de esporas y producción con 1,798 Kg/Ha. Se concluye que las variables son influenciadas por el inoculo con *Micorrizas* y *Rhizobium*, registrándose los mayores promedios y mayor rendimiento en el tratamiento: *Micorrizas* + *Rhizobium*.

Palabras claves: *Micorrizas*, *Rendimiento*, *Rhizobium*, *Desarrollo fenológico*

ABSTRACT

The study was carried out at the National Center of Reference in Agroplaticultura (CNRA) of the UNAN-León Agricultural Campus. Beans (*Phaseolus vulgaris*) have historically been cultivated based on the basic diet of Nicaraguans. . The objective of this research was to evaluate the availability of nutrients in soils inoculated with *Mycorrizas* and *Rhizobium*, analyzing their effect on the vegetative development and yields of the bean (*Phaseolus vulgaris*) crop. The design used was a BCA in which three blocks were established, randomly distributed in the study area, this was divided into 4 treatments (T1: *Mycorrizas*, T2: *Rhizobium*, T3 *Mycorrizas* + *Rhizobium* and T4: Control) with 3 repetitions for a total of 12 experimental units, each experimental unit was 3m long by 3m wide with a separation between each subplot of 0.50cm. An Analysis of Variance (ANOVA) was performed using the statistical program SPSS with 95% confidence and making a comparison of means with Tukey. The results showed that there was a significant difference between the treatments, where T3 obtained the highest average height, diameter, number of leaves, number of pods, grains per plant, spore count and production with 1,798 Kg/Ha. It is concluded that the variables are influenced by the inoculum with *Mycorrizas* and *Rhizobium*, registering the highest averages and the highest yield in the treatment: *Mycorrizas* + *Rhizobium*.

Keywords: *Micorrizas*, Yield, *Rhizobium*, Phenological development

1. INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) se ha cultivado históricamente en función de la dieta alimenticia básica del Nicaragüense, constituida por el maíz, frijol y arroz, se convierte, por lo tanto, en la principal fuente de proteínas. Es el segundo en importancia agrícola después del maíz, el consumo per cápita de nuestra población se estima en 50g/día. La producción de frijol en los últimos años y las áreas de siembra han fluctuado entre 83,500 y 150,000 mz y los rendimientos han permanecido bajos variando entre 7 y 12 qq/mz. (CNIGB, 1995).El uso excesivo de maquinaria agrícola y productos químicos han tenido efectos negativos sobre la capa fértil del suelo tales como: la pérdida de la materia orgánica, reducción de la flora microbiana, alteraciones de pH y compactación, ocasionando disminución de la disponibilidad de nutrientes esenciales para un buen desarrollo de las plantas y por consiguiente un bajo rendimiento del cultivo. (Cardoso, 2001).

Algunas especies de plantas leguminosas han resuelto este problema desarrollando una asociación altamente organizada con bacterias fijadoras de nitrógeno de la familia *Rhizobiaceae*. Estos organismos del suelo son estimulados para invadir las raíces de plantas donde, transformados en unos orgánulos intracelulares llamados bacteroides, convierten el nitrógeno atmosférico en amoníaco que es asimilado por la planta. Esta desarrolla unos órganos especializados, los nódulos radiculares; cuyo fin es albergar a los bacteroides de *Rhizobium*, y proporcionarles el medio ambiente adecuado y los nutrimentos necesarios para soportar la fijación de nitrógeno (Chapingo, 2001).

Los efectos que estos microorganismos tienen en la biología de las plantas involucran procesos en la nutrición, así como en el crecimiento y funciones propias del desarrollo, esto, consecuentemente nos lleva a considerar su uso y el conocimiento de sus propiedades (Canseco, Guerrero 2014).Estudios realizados con *Micorrizas* y bacterias nitrificadoras en suelos agrícolas ha demostrado que juegan un papel importante en el desarrollo y nutrición de los cultivos, además que estas ayudan a que los cultivos sean más resistentes a las plagas y enfermedades ya que al estar

bien nutridas estas son menos susceptible a los patógenos en los que se destacan hongos pertenecientes a los géneros *Fusarium* spp, *Pythium* spp *Rhizoctonia*, spp *Trielaviopsis* spp y *Verticillium* spp. los cuales disminuyen acentuadamente el efecto negativo cuando están en presencia de *Micorrizas* (Dehene, 1982 citado por Cuervo y Rivas-Platero, 1997). Con esta investigación se pretende evaluar el efecto de las *Micorrizas* y bacterias *Rhizobium* en el desarrollo vegetativo y rendimientos del cultivo de frijol, contribuyendo al mejoramiento de la producción y a la sostenibilidad del agro ecosistema.

2. METODOLOGÍA

Descripción del área de estudio

El presente trabajo se realizó en el Campus Agropecuario de la UNAN-León, en el municipio de León, tiene un clima tropical de sabana de noviembre a abril, y una estación lluviosa entre los meses de mayo a octubre. La clase de suelo que presenta el Campus Agropecuario es franco arenoso, con 2m de profundidad, 2,4% de materia orgánica, un pH 7, una densidad aparente de 1.2g/cm³, con 1.5% de pendiente. Vientos Noreste a 45°. Velocidad máxima del viento: 45 km/h, Temperatura promedio: 28.62°C, Humedad promedio: 72.3%, Humedad media mínima: 49.9%, Humedad relativa media máxima: 92.9%, Precipitación: 1256 mm (Bárceñas, Rostrán *et al.*, 2017).

Tipo de estudio

El tipo de investigación que se realizó fue experimental, ya que se analizó el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes en este caso fueron las dosis de *Micorrizas* y *Rhizobium*, sobre una variable dependiente que fue el desarrollo y rendimiento del cultivo de frijol. El método que se utilizó fue cuantitativo por que se vale de números para examinar los datos o información.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA). En el experimento se establecieron tres bloques, distribuyendo aleatoriamente en cada uno de estos cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno, para un total de 12 unidades experimentales.

El área total del ensayo es de 135m², cada unidad experimental consta de 3m de largo por 3m de ancho con una separación entre cada subparcela de 0.50m, cada unidad experimental cuenta con 6 surcos y una distancia entre surcos de 0.50m y 15 cm entre planta. Que consta de 120 plantas en cada unidad experimental, 360 por tratamiento y 1440 en total.

Definición de los tratamientos

- Tratamiento 1: T1 con *Micorrizas* 10 gr /m lineal
- Tratamiento 2: T2 con *Rhizobium* 8.33gr/ lb de semilla
- Tratamiento 3: T3 *Micorrizas* + *Rhizobium*: 10 gr/m lineal + 8.33gr/lb de semilla respectivamente.
- Testigo

Muestreo a utilizar

Se utilizó un muestreo aleatorio simple, muestreándose cada 7 días 30 plantas por unidad experimental, 90 por tratamiento, para un total de 360 plantas en el experimento.

Establecimiento del ensayo

Prueba de germinación: Se tomaron 20 semillas de frijol y se colocaron en la cámara húmeda por un periodo de 7 días, posterior a este tiempo se realizó el conteo de semillas germinadas y se determinó el porcentaje, se realizaron tres repeticiones del procedimiento obteniendo un 100% de germinación.

Inoculación: Para la inoculación de la semilla de frijol con *Rhizobium* se utilizaron los siguientes ingredientes:

- 100.8gr de semilla de frijol.
- 2 gr de inoculante.
- 5 gotas de aceite de cocinar.
- 5 cucharadas de leche.

En un recipiente se colocaron los 2 gr de inoculante, se agregaron 5 cucharadas de leche y 5 gotas de aceite de cocinar mezclándose hasta obtener un sustrato homogéneo, por último, se agregaron los 100.8gr de semilla de frijol procurando que la semilla quedara totalmente cubierta del inoculante.

Siembra y Aplicación de los tratamientos

Se hicieron surcos colocando 1 semilla cada 15cm de distancia entre planta y 50cm entre surco.

Tratamiento 1 (*Micorrizas*), para la aplicación de este tratamiento se surcó con un azadón, aplicando el tratamiento a razón de 10gr de sustrato con micorrizas por metro lineal, posteriormente tapando el surco.

Tratamiento 2 (*Rhizobium*), se surcó de manera manual usando azadón, en este se depositó la semilla de frijol inoculada con *Rhizobium* a una distancia de 15cm entre planta y 50cm entre surco, posteriormente tapando el surco.

Tratamiento 3 (*Micorrizas + Rhizobium*), se surcó de manera manual usando azadón en el cual se aplicó el sustrato con cepas de micorrizas a razón de 10gr/metro lineal y depositando la semilla de frijol inoculada con *Rhizobium*, a una distancia de 15cm entre planta y 50cm entre surco posteriormente tapando el surco.

Tratamiento 4 (Testigo), se surcó de manera manual usando azadón en el cual se colocaron las semillas sin ningún tipo de inoculo a una distancia de 15cm entre planta y 50cm entre surco, posteriormente tapando el surco.

Variables Evaluadas

Altura de la planta (cm): Se midió con una cinta métrica desde la base del tallo hasta el ápice, en un periodo comprendido de los 7 DDS a los 35 DDS.

Diámetro del tallo (mm): Se midió en milímetros con un pie de rey colocándolo en el tallo de la planta a 2cm sobre la superficie del suelo en un periodo comprendido de los 7 DDS a los 35 DDS.

Número de hojas: Se contabilizó visualmente el número de hojas por planta en un periodo comprendido de los 7 DDS a los 35 DDS.

Número de vainas por planta: Se contabilizó el número de vainas por planta, en el periodo comprendido de los 49 DDS a los 76 DDS.

Peso del grano: Se pesó el total de granos de 90 plantas muestreadas por cada tratamiento.

Luego se pesaron 100 granos de frijol en 10 repeticiones por tratamiento.

Contenido de nutrientes del suelo (N-P): Esta muestra se tomó al momento de la cosecha tomando cuatro puntos de modo aleatorio, extrayendo con barreno 1 libra de suelo por punto (submuestras) a una profundidad de 30 cm, luego estas se mezclaron y de la mezcla se tomó 1kg

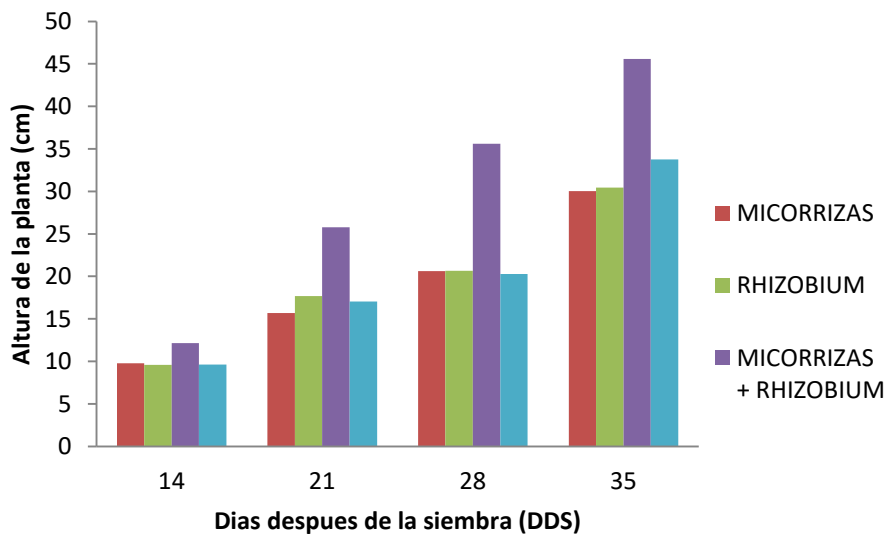
(muestra compuesta), embolsándolo y etiquetándolo para enviarlo al laboratorio en donde se determinó: N disponible ($\text{NO}_3\text{-NH}_4$) y P disponible (P_2O_5).

Análisis estadísticos

Los datos se digitalizaron con Microsoft Excel, se verificaron los supuestos de normalidad de los datos con la prueba de Kolmogorov–Smirnov y la prueba de homogeneidad de varianza en el estadístico de Levene. De cumplir con estos supuestos, se procedió a realizar un análisis de varianza. En caso de no cumplir los supuestos se realizó una prueba no paramétrica de Friedman.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

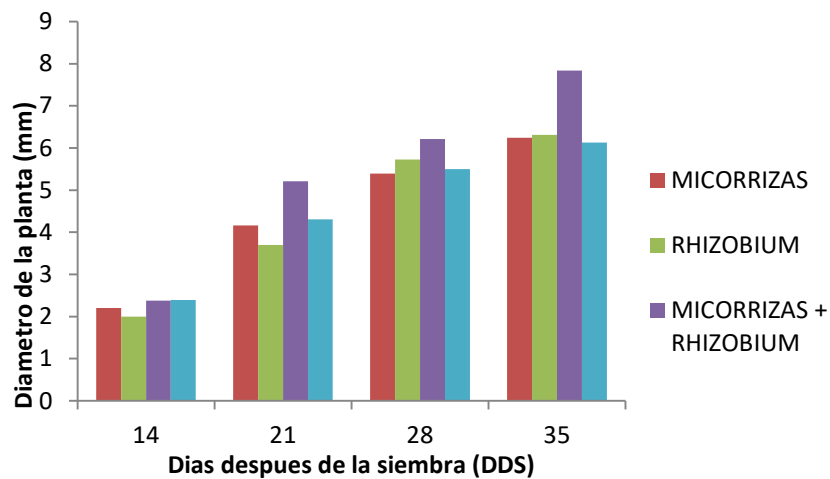
En la figura 1 se muestra el efecto de los tratamientos sobre la altura promedio de las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*), donde se observa que el T3 durante todo el ciclo del cultivo registro la mayor altura siendo significativamente distinto a los demás tratamientos. Llegando a alcanzar un máximo de 46 cm a los 35 DDS. A los 14 DDS los tratamientos: *Micorrizas*, *Rhizobium* y testigo presentaron los mismos resultados de altura con un promedio de 10 cm, diferenciándose del tratamiento *Micorriza + Rhizobium* que obtuvieron una altura de 12 cm, este comportamiento fue similar hasta los 35 DDS, cuando el tratamiento *Micorriza + Rhizobium* alcanzó una altura de 46 cm, seguido del testigo que alcanzó una altura de 34cm a diferencia de los tratamientos *Micorriza* y *Rhizobium* obteniendo ambos una altura de 30 cm. Estos resultados podrían estar relacionados directamente a los efectos positivos del inoculo con *Micorrizas* y *Rhizobium* sobre la disponibilidad de nutrientes. Satizabal, Rehman (2008) plantea que la presencia de *Micorrizas* y *Rhizobium* permite a la planta absorba mayores cantidades de nitrógeno y fósforo, esenciales para el desarrollo por lo tanto obtiene mayor altura. Según Granados, López y Gama (2001) Las bacterias *Rhizobium* son portadoras de información genética para que la planta pueda obtener nitrógeno por lo tanto la simbiosis *Rhizobium*- leguminosas constituye la asociación más elaborada y eficiente entre plantas y bacterias, estimulan la nodulación en las raíces las cuales son capaces de nodular cepas de rápido crecimiento. Los nódulos se encargan de atrapar el nitrógeno del aire y lo transforman en alimento para la planta.



Fuente: propia

Figura 1. Altura promedio del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad INTA-rojo bajo el efecto de la aplicación de *Micorrizas* y *Rhizobium* en el campus agropecuario de la UNAN-León, en el periodo noviembre-diciembre 2017.

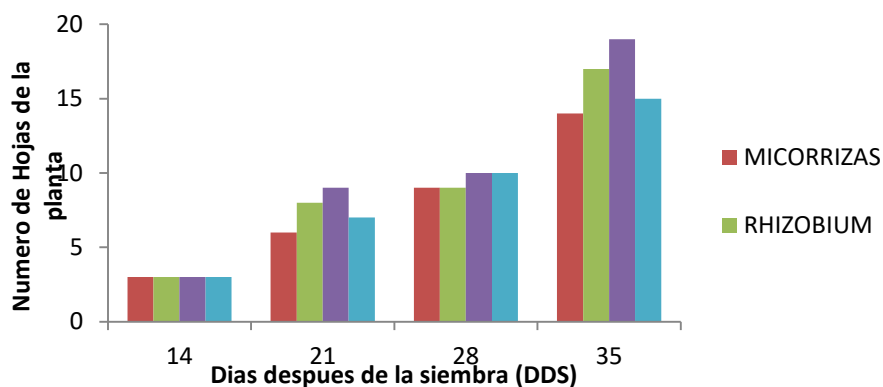
La figura 2. Muestra el diámetro promedio de las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en cada uno de los tratamientos evaluados. A los 14 DDS, no se observó una clara diferencia en el diámetro de los distintos tratamientos. No así a los 21 DDS, cuando se logran apreciar diferencias significativas, figurando como el tratamiento con mayor diámetro el T3: *Micorrizas + Rhizobium* con un promedio de 5.21mm, seguido del Testigo con promedio de 4.31mm. Este comportamiento es similar hasta los 35 DDS, cuando el T3, presenta el mayor promedio con 7.84 mm, seguido del T2 con 6.31mm y los tratamientos T1 y T con diámetros de 6.24 y 6.13 mm respectivamente. Esto se explica por el incremento del volumen de suelo explorado por las plantas en simbiosis con organismos benéficos como las *Micorrizas*, que son capaces de permitir a la planta absorber fósforo mineral y orgánico insoluble que se encuentran en el suelo en muy bajas concentraciones, debido a sus abundantes ramificaciones que induce a un mejor desarrollo (Frank citado por Trappe y Schenck (2002). Granados, López y Gama (2001), sugieren que las bacterias *Rhizobium* entran en una asociación simbiótica con el vegetal y recaba alimento de la planta donde le proporciona nitrógeno utilizable en forma de amoníaco. Existe una relación íntima en el cual la bacteria penetra en las raíces de las leguminosas y forman protuberancias visibles, llamadas nódulos para la producción de proteínas vegetales y en interacción con *Micorrizas* las raíces se extienden, debido a su diámetro y abundante ramificación el cual apoya al hospedero suministrándole agua y nutriente además de protegerlo de enfermedades, garantizando un mayor desarrollo.



Fuente: propia

Figura 2. Diámetro promedio del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) bajo el efecto de la aplicación de *Micorrizas* y *Rhizobium* en el Campus agropecuario de la UNAN-León, en el periodo noviembre-diciembre 2017.

En la figura 3 se muestra el efecto de los tratamientos sobre el número de hojas del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*). 14 DDS no se observó una clara diferencia entre tratamientos, sin embargo, el tratamiento que presentó mayor número de hojas en este periodo fue el T3. A partir de los 21 DDS el tratamiento que presentó el valor más alto de esta variable es el T3. Siendo significativamente superior a los demás tratamientos luego de 35 DDS con 19 hojas por planta, seguido del T2, que presentó un promedio de 17 hojas. Debido a que la presencia de *Rhizobium* permite que las plantas absorban mayores cantidades de nutrientes como nitrógeno y fósforo que son esenciales para el desarrollo vegetativo, las plantas expresaran de forma apropiada su potencial genético (Munevar, 2007). Estos resultados concuerdan con lo descrito por Abayomi *et al.* (2008), donde plantean que la biomasa de la planta expresada principalmente en su follaje aumenta en presencia de Nitrógeno y Fósforo, lo cual le permite tener mayor área de contacto en las hojas para captar la luz solar y realizar la fotosíntesis.



Fuente: propia

Figura 3. Numero de hojas promedio del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad INTA-rojo bajo el efecto de la aplicación de *Micorrizas* y *Rhizobium* en el campus agropecuario de la UNAN-León, en el periodo noviembre-diciembre 2017.

La tabla 1 Muestra el rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*), se observa el mayor promedio de vainas en el T3 (*Rhizobium* + *Micorrizas*) con 23, siendo estadísticamente distinto al T1 (*Micorrizas*) con 14. Además, se muestra que el mayor promedio de semillas por planta lo obtuvo el tratamiento T3 con 76, siendo significativamente distinto al T4 (Testigo) que presentó 44 semillas por planta. Para el caso del peso de 1000 semillas, el valor más alto lo obtuvo el T3 con 226 g y el menor promedio el T2 (*Rhizobium*) con 210 g. En cuanto a la producción evaluada en 90 plantas el T3 obtuvo el mayor promedio con 1378 g de peso fresco y el menor promedio fue el T4 con 782 g de peso fresco. Se observa también el peso fresco de estas semillas resultando que el T3 obtuvo el mayor promedio con 1214 g de peso seco y el menor promedio fue el T4 con 592 g de peso seco. El tratamiento con mayor contenido de agua es el T2 con 31% y el menor fue el T3 con 12%. La mayor producción se obtuvo en el T3 con 1798 Kg/ha, mostrando los valores más bajos el T4 que con 877 Kg/ha. El rendimiento está directamente relacionado a las variables productivas, al incremento del peso de los granos, al número de vainas por planta y al número de granos por vaina, las cuales dependen directamente de la obtención de recursos y nutrimentos por parte de la planta para llevar a cabo sus procesos metabólicos y expresar el máximo de su potencial genético. Según Corbera y Núñez (2000), al inocular plantas de frijol encontraron un efecto positivo de la unión del *Rhizobium* con las *Micorrizas*, sobre el desarrollo y el rendimiento del vegetal, demostrando el efecto benéfico de la inoculación. Por su parte, la mayoría de las leguminosas son capaces de formar doble simbiosis *Rhizobium-Micorriza*, lo cual puede explicar en parte la buena adaptabilidad de diversas especies de esta familia en distintos suelos y la capacidad de fijación de N² (Guzmán, Plazaola y Ferrera, 1993), es por ello que obtuvieron una influencia positiva sobre el desarrollo vegetativo que provocó un incremento considerable del rendimiento del cultivo para el T3.

Tabla 1: Rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad INTA-rojo bajo el efecto de la aplicación de Micorrizas y *Rhizobium* en el campus agropecuario de la UNAN-León, en el periodo noviembre-diciembre 2017.

Tratamiento	Numero de vainas /planta	Numero de semillas/planta	Peso de 1000 semillas (gr)	Producción/90 plantas (semilla fresca)(gr)	Producción /90 plantas (semilla seca)(gr)	Contenido de humedad (%)	Producción (kg/ha)
T1: <i>Micorrizas</i>	14	49	223	1113	968	13	1435
T2: <i>Rhizobium</i>	22	69	210	928	638	31	945
T3: <i>Micorrizas</i> + <i>Rhizobium</i>	23	76	226	1378	1214	12	1798
T4: <i>testigo</i>	20	44	216	782	592	24	877

Fuente propia

La tabla 2 Muestra el conteo total de esporas de *micorriza* en 100 g de suelo sometido a 4 tratamientos (T1: *Micorrizas*, T2: *Rhizobium*, T3: *Micorrizas* + *Rhizobium*, T4: Testigo), Los mayores valores de esta variable corresponden a los tratamientos T1 y T3, con un total de 4302 y 4154 esporas en total respectivamente, mostrando diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos. Donde el tratamiento T2 obtuvo el tercer valor más alto con 3016 esporas y el T4, presentó 2431 esporas. Nielsen (1998) sostiene que suelos con bajo contenido de nutrientes en especial de fósforo presentan condiciones favorables para que la micorriza pueda asociarse con las raíces de las plantas y por lo tanto una mayor producción de esporas. Existe evidencia de que bacterias promotoras de crecimiento actúan sinérgicamente con algunas especies de *Micorrizas*. Sieverdin (1991), afirma que el efecto es mayor si son inoculados simultáneamente a la siembra, favoreciendo al hongo en una mayor producción de esporas, aspecto que podría considerarse una producción de inóculos de *Micorrizas*.

Tabla 2. Conteo general de esporas de *micorriza* en 100 gr de suelo en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad INTA-rojo bajo el efecto de la aplicación de *Micorrizas* y *Rhizobium* en el campus agropecuario de la UNAN-León, en el periodo noviembre-diciembre 2017.

Tratamiento	Repetición 1 (33gr)	Repetición 2 (33gr)	Repetición 3 (33gr)	Promedio (33gr)	Esporas en 100gr de suelo
<i>Micorrizas</i>	1317	1922	1063	1434	4302
<i>Rhizobium</i>	1061	715	1240	1005	3016
<i>Micorrizas</i> + <i>Rhizobium</i>	1103	1600	1451	1384	4154
Testigo	2431	902	550	1294	2431

Fuente propia

La tabla 3 muestra el contenido en kg/mz de NO₃, NH₄ y P₂O₅ en el suelo en los tratamientos (T1: *Micorrizas*, T2: *Rhizobium*, T3: *Micorrizas* + *Rhizobium*, T4: Testigo), El tratamiento que obtuvo el mayor contenido de NO₃ fue el T3, con 109.6 kg/mz, mostrando diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos, en el cual el valor más bajo fue observado en el T1 con 12.30 kg/mz. También se aprecia la cantidad en kg/mz de NH₄, en el que figura como mejor tratamiento

el T2, el cual obtuvo la mayor concentración con 82.40 kg/mz, siendo estadísticamente distinto a los demás tratamientos, donde el tratamiento con menor tenor fue el T1 con 24.40 kg/mz. De igual manera, podemos observar que para el caso de P₂O₅ el tratamiento T3 mostró ser significativamente superior a los demás tratamientos con 150.71 kg/mz, donde el T2 expresó los valores más bajos de este parámetro con 56.46 kg/Mz. Estos resultados podrían estar asociados principalmente a la alta presencia de sepas nativas de *Micorrizas* en cultivos que crecen en suelos de baja fertilidad, lo que indica que la simbiosis entre planta y hospederos actúa benéficamente como mecanismo de nutrición vegetal que a su vez, la participación microbiana del suelo en proceso de descomposición, mineralización, solubilización y fijación simbiótica de nutrientes corresponden a la mejora de los niveles de nutrientes del suelo (Cardona, 2008). Por su parte, la efectividad de en la disponibilidad de nutrientes y movilización de los mismos hacia la planta se puede aumentar hasta 40 veces más con la *Micorriza*, y la sinergia con otros microorganismos benéficos, ya que un pelo radical puede absorber los nutrientes a 2 mm a la redonda y con las hifas del micelio extrarradical se logra explorar hasta 80 mm (Peña-Venegas y Cardona, 2010).

Tabla 3. Contenido de nitrógeno y fósforo disponible (NO₃, NH₄, P₂O₅) en suelo en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) INTA-rojo bajo el efecto de la aplicación de Micorrizas y *Rhizobium* en el campus agropecuario de la UNAN-León, en el periodo noviembre-diciembre 2017.

Muestra	T1	T2	T3	T4
NO ₃ (Kg/Mz)	12.30	80.83	109.6	16.40
NH ₄ (Kg/Mz)	24.94	82.40	60.62	57.43
P ₂ O ₅ (Kg/Mz)	79.50	56.46	150.71	60.87

Fuente propia

4. CONCLUSIONES

El desarrollo vegetativo del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) fue influenciado positivamente por los tratamientos, incrementando la altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas y número de vainas. El tratamiento con mayores valores en la variable altura, diámetro del tallo y la mayor cantidad de hojas se observó en el tratamiento T3 (*Micorrizas* + *Rhizobium*).

Las variables de rendimiento fueron notablemente beneficiadas con la aplicación de los tratamientos, donde figura como tratamiento más promisorio el tratamiento T3 (*Rhizobium*+*Micorrizas*), dado que fue en este en el que se obtuvo el mayor promedio de vainas por planta y la mayor producción (kg/ha).

Los tratamientos mostraron efecto significativo en los tenores de Nitrógeno y fósforo disponible del suelo, donde el T3 (*Rhizobium*+*Micorrizas*) expresó los valores más altos tanto de NO₃ como de P₂O₅. Por su parte, el T2 (*Rhizobium*) figuró como el tratamiento con el mayor contenido de NH₄.

5. REFERENCIAS

Abayomi, Y. A., Ajibade, T. V., Sammuell, O. F., & Sa'adudeen, B. F. (2008). Growth and Yield Responses of Cowpea (*J'igna unguiculata* (L.) VValp) Genotypes to Nitrogen Fertilizer (NPK) Application in the Southern Guinea Savanna Zone of Nigeria. *Asian Journal of Plant Sciences*, 7(2), 170-176.

- Arcos A, Benavides G. (1996). Ocurrencia y cuantificación de la micorriza arbuscular bajo bosques y agroecosistemas. Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del municipio del Mitu, departamento del Vaupes. Instituto geográfico Agustín Codazzi.
- Barcenás, M., Rostrán, J., Silva, P. (2017). Condiciones Climáticas del Campus Agropecuario, UNAN-León.
- Canseco, E., Guerrero (2014). Use micorrizas para mejorar la nutrición vegetal en producción de hortalizas.
- Cardona, G., & Peña-Venegas, C. P. (2008). Ocurrencia de hongos formadores de micorriza arbuscular asociados a ají (*Capsicum* sp.) en la Amazonia colombiana. *Agronomía colombiana*, 26(3), 459-470.
- Cardoso, F. (2001, 10 de julio). Seminario internacional sobre plantío directo en trópicos suramericanos. <https://books.google.com/nl/books?id=N3x8hgFfZc4C&pg=PA73&dq=uso+excesivo+de+maquinaria+agricola&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKewjMkbb8kN7dAhWtt1kKHU1CCyMQ6AEIPDAF#v=onepage&q=uso%20excesivo%20de%20maquinaria%20agricola&f=false>
- Chapingo. 96 pp. GARCÍA, F. J., J. ROSELLO y M. P. SANTAMARINA 2001. Iniciación a la Fisiología de las Plantas. Departamento de Biología Vegetal.
- CNIGB, 1995, Guía técnica para el manejo del frijol, centro de investigaciones de granos básicos.
- Corbera J. y Marín Núñez: Evaluación agronómica de la inoculación con *Bradyrhizobium* hongos micorrizógenos arbusculares y la aplicación de análogos de Brasinoesteroides en soya cultivada en época de invierno. V Taller de Biofertilización en los Trópicos. Programa y Resúmenes. INCA, La Habana, Cuba, 2000.
- Granados, S., López, R. y Gama F. 2001. Interacciones Ecológicas de las Plantas. *UACH. México*.
- Guzmán-Plazola, R. A., & Ferrera-Cerrato, R. (1993). La endomicorriza vesículo-arbuscular en las leguminosas. *Colegio de Postgraduados, Montecillo (Mexico)*.
- Cuervo y Rivas-Platero, 1997. Hoja técnica de biota rizosférica un recurso para promover el crecimiento y la protección de las plantas. (Serie técnica no 21) INTA. (2009). *Guía Tecnológica- Cultivo de Frijol. Managua*.
- Linderman, R.G. 2002. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. In *Mycorrhizae in sustainable agriculture*, Ed. G.J Bethlenfalvay and R. G. Linderman. Madison, Wisconsin, USA, ASA Special Publication.
- Molina, M., Mahecha, L., & Medina, M. (2005). Importancia del manejo de hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(2), 162-175.

- Munevar, M. F. (2007). Principales procesos microbiológicos en el suelo y su función en la productividad agropecuaria. *Suelos Ecuatoriales*, 13(2), 1-17.
- Nielsen, K. L., Bouma, T. J., Lynch, J. P., & Eissenstat, D. M. (1998). Effects of phosphorus availability and vesicular–arbuscular mycorrhizas on the carbon budget of common bean (*Phaseolus vulgaris*). *The New Phytologist*, 139(4), 647-656.
- Peña-Venegas, C. P., Cardona, G. I., Arguelles, J. H., & Arcos, A. L. (2007). Micorrizas arbusculares del sur de la amazonia colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. *Acta Amazónica*, 37, 327-336.
- Venegas, C. P. P., & Vanegas, G. C. (2010). Dinámica de suelos amazónicos procesos de degradación y alternativas para su recuperación. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI".
- Satizabal, J. H., & Saif, S. U. R. (1987). Interacción micorriza vesiculo-arbuscular, *Rhizobium leguminosa* en un oxisol de los Llanos Orientales de Colombia. *Acta agronomica*, 37(1), 7-21.
- Sieverding, E. (1991). Vesicular-arbuscular mycorrhizal management in tropical agroecosystems. *Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit, Eschborn, Alemania*.
- Young, J. M., Pennycook, S. R., & Watson, D. R. W. (2006). Proposal that *Agrobacterium radiobacter* has priority over *Agrobacterium tumefaciens*. Request for an opinion. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 56(2), 491-493.

SEMBLANZA DE LOS AUTORES



Randalth Cristóbal Medina Flores: Graduado en Ingeniería en Agroecología Tropical, en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua – León, Nicaragua. Master en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales con énfasis en Suelos. Participo en el Taller Agricultura Suelo y Agua (ASA), por Catholic Relief Services en Estelí, Nicaragua. Docente adjunto del departamento de Agroecología de la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinaria -UNAN-León y encargado del laboratorio de suelo.



Miguel Jerónimo Bárcenas Lanzas: Graduado en Ingeniería en Agronomía en la Universidad Estatal de Jarkov, Ucrania. Con Maestría en Protección de Plantas. Participe en Curso de Técnicas de producción de Hortalizas en Sukuba Japón, Trabajo en e Departamento de Agroecología de la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias específicamente en el área de manejo Agroecológico de cultivos hortícolas y granos con enfoque bioecología de insectos y arvenses.



María Delfina Sánchez- Miranda: Graduada en ingeniería en Agroecología tropical, en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua – León, Nicaragua. Master en Biotecnología con especialidad en Agrobiotecnología. Participó en curso de Desarrollo rural, con enfoque en mejoramiento de vida en el país de Japón y Guatemala, Trabaja en el Departamento de Agroecología de la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinaria, específicamente en el área de los laboratorios de Fitopatología.