

Suelos y Agroquímica

Influencia de *Rhizobium* en el desarrollo y uso eficiente de nutrientes por *Canavalia ensiformis* en suelos de Jibacoa¹

Yusdel Ferrás-Negrín*, Carlos Alberto Bustamante-González**, Ionel Hernández-Forte***, Ynolberto Delgado-Pérez* y Fernando Fulgencio Selva-Hernández****

Resumen

Canavalia ensiformis es una leguminosa que realiza simbiosis con especies de la familia *Rhizobium* del suelo, el cual lo hace un abono verde de alta calidad. El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de aislados de *Rhizobium* en el desarrollo y uso eficiente de nutrientes por *canavalia* en la localidad de Jibacoa, del municipio de Manicaragua, provincia de Villa Clara, Cuba, perteneciente al Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. El estudio se realizó desde septiembre a noviembre de 2014. El experimento contó con 13 tratamientos distribuidos en un diseño de bloques al azar con tres réplicas, de ellos un control absoluto (sin inóculo), un testigo de referencia (cepa Can4) y 11 aislados de *Rhizobium* provenientes de los suelos de Tercer Frente. A las plantas de *canavalia* se les evaluó en el momento de la floración: cantidad de nódulos efectivos, número de hojas trifoliadas, diámetro del tallo, masa seca total, absorción y uso eficiente del nitrógeno, fósforo y potasio. Los aislados de *Rhizobium* aumentaron la nodulación efectiva en las plantas de *canavalia*; Cb3, Cb6a y Cb1 propiciaron la mayor nodulación efectiva, aunque sin diferencias de Cb6, Cb8 y Cb13. Los aislados de *Rhizobium* provenientes de los suelos de Tercer Frente presentaron influencia positiva en el desarrollo y uso eficiente de nutrientes por la *canavalia* en comparación con el control en los suelos Fersialíticos Pardos Rojizos de Jibacoa; pero la cepa Can4 fue quien presentó en sentido general los mejores resultados en los indicadores evaluados.

Abstract

Canavalia ensiformis is a legume that performs symbiosis with species of the *rhizobia* family of the soil, which makes it a high quality green manure. The objective of the research was to evaluate the influence of *Rhizobium* isolates on the development and efficient use of nutrients by *canavalia* in the Jibacoa town, municipality of Manicaragua, Villa Clara province, Cuba, belonging to the Institute of Agro-Forestry Research. The study was carried out from September to November 2014. The experiment had 13 treatments distributed in a randomized block design with three replicates, of them an absolute control (without inoculum), a reference control (strain Can4) and 11 *Rhizobium* isolates from the Tercer Frente soils. The plants of *canavalia* were evaluated at the time of flowering: number of effective nodules, number of trifoliate leaves, diameter of the stem, total dry mass, absorption and efficient use of nitrogen, phosphorus and potassium. The *Rhizobium* isolates increased the effective nodulation in the *canavalia* plants; Cb3, Cb6a and Cb1 favored the highest effective nodulation although without differences of Cb6, Cb8 and Cb13. The *Rhizobium* isolates from the soils of the Third Front presented positive influence on the development and efficient use of nutrients by the *canavalia* compared to the control in the Reddish Brown Fersialitic soils of Jibacoa, but the Can4 strain was the one that presented in a general sense the better results in the indicators evaluated.

Palabras clave: abono verde, Fersialítico Pardo Rojizo, inoculación bacteriana, *rhizobio*.

Key words: green manure, reddish Brown Fersialitic, bacterial inoculation, *rhizobium*.

¹ Recibido: 08/02/2019

Aprobado: 14/03/2019

* Estación Experimental Agro-Forestal de Jibacoa, Villa Clara, Cuba. yusdel@jibacoa.inaf.co.cu

** Estación Experimental Agro-Forestal de Tercer Frente, Santiago de Cuba, Cuba, nutricion1@tercerfrente.inaf.co.cu

***Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. ionel@inca.edu.cu

**** Estación Experimental Agro-Forestal Baracoa, Guantánamo, Cuba. fernando@inafbcoa.gtm.minag.cu

Introducción

Globalmente se aplican cerca de 200 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados, fosforados y potásicos, siendo China, India, Estados Unidos y Brasil, en orden decreciente, los principales consumidores. La adición continuada en los suelos de nitrógeno y de fósforo a través de la fertilización presenta eficiencias de uso muy bajas causando contaminación e ineficiencias energéticas (Andrade, 2017).

La elaboración de fertilizantes nitrogenados para la agricultura y la fijación biológica por los cultivos leguminosas son las principales vías de producción de compuestos nitrogenados reactivos a partir de la utilización de N_2 atmosférico (Andrade, 2017).

García *et al.* (2017), al referenciar a varios autores, expresaron que los abonos verdes son alternativas de manejo para los suelos. Dentro de ellos se encuentra la canavalia [*Canavalia ensiformis* (L.) D. C.], especie que brinda efectos positivos sobre la fertilidad del suelo, ya que aumenta la capacidad de retención de agua, reduce el lavado de nutrientes, favorece la actividad microbiana, aporta N atmosférico fijado al sistema suelo-planta a través de la fijación biológica del nitrógeno (FBN) y recicla cantidades apreciables de P y K.

La biofertilización es una tecnología en expansión que está vinculada con la inclusión de microorganismos al sistema suelo-planta, siendo de gran importancia para el desarrollo de cultivos en el incremento de los rendimientos, la calidad fitosanitaria y a su vez mejora el contenido de materia orgánica del suelo (Da Silva *et al.*, 1999; citado por Orozco *et al.*, 2016).

Además de la eficiencia simbiótica, la capacidad de supervivencia en el suelo y la habilidad competitiva con

la población rizobiana nativa o naturalizada del suelo son características altamente deseables en cepas de estos inoculantes bacterianos recomendados para la inoculación en leguminosas (Brockwell, 1981; citado por Fernandes *et al.*, 2003).

Como resultado del proyecto nacional “Perfeccionamiento de la Fertilización Mineral y la Biofertilización del Café y el Cacao en Cuba” se obtuvieron 16 aislados de *Rhizobium* caracterizados a partir de nódulos de plantas de canavalia no inoculadas en suelos Pardos Ócricos sin Carbonatos (Hernández *et al.*, 2016), en el municipio de Tercer Frente, perteneciente a la provincia de Santiago de Cuba. Con estos aislados bacterianos no se han realizado estudios en suelos Fersialíticos Pardos Rojizos de la localidad de Jibacoa, y por ende no se tiene conocimiento del efecto que puedan ejercer sobre el desarrollo de la canavalia en esta zona montañosa del municipio de Manicaragua.

El objetivo del trabajo fue evaluar la influencia de aislados de *Rhizobium* en el desarrollo y uso eficiente de nutrientes por canavalia en suelos Fersialíticos Pardos Rojizos de Jibacoa.

Materiales y métodos

La investigación se realizó desde septiembre a noviembre de 2014 en la Unidad de Ciencia y Técnica de Base (UCTB) de Jibacoa, en el municipio de Manicaragua, provincia de Villa Clara, Cuba, perteneciente al Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF).

El suelo donde se estableció la canavalia fue Fersialítico Pardo Rojizo. Su principal limitación es su acidez, y los bajos contenidos de potasio y materia orgánica (Tabla 1).

Tabla 1. Características del suelo (media de tres muestras)

pH KCl	M.O. (%)	P_2O_5	K_2O	Ca^{++}	Mg^{++}
		mg 100 g ⁻¹		cmol kg ⁻¹	
4,07	2,38	14,38	7,79	4,7	1,7

El experimento contó con 13 tratamientos distribuidos en un diseño de bloques al azar con tres réplicas, de ellos un control absoluto (CA) en el que las semillas de canavalia [*Canavalia ensiformis* (L.) D. C.] no se inocularon con *Rhizobium* en el momento de la siembra, un testigo de referencia (TF), en el cual las semillas se inocularon con la cepa de *Rhizobium* Can4 ($4 \cdot 10^9$ UFM mL⁻¹).

En los 11 tratamientos restantes las semillas se inocularon con aislados de *Rhizobium* de canavalia (Hernández *et al.*, 2016) procedentes de suelos Pardos Ócricos sin Carbonatos en el municipio de Tercer Frente perteneciente a la provincia de Santiago, los mismos fueron Cb1($3,5 \cdot 10^9$ UFM mL⁻¹), Cb3($4,9 \cdot 10^8$ UFM mL⁻¹), Cb5a ($4 \cdot 10^9$ UFM mL⁻¹), Cb6 ($6,2 \cdot 10^9$ UFM mL⁻¹), Cb6a

($1,7 \cdot 10^9$ UFM mL⁻¹), Cb7 ($3,8 \cdot 10^9$ UFM mL⁻¹), Cb8 ($4 \cdot 10^8$ UFM mL⁻¹), Cb13 ($3 \cdot 10^9$ UFM mL⁻¹), Cb14 ($1,3 \cdot 10^9$ UFM mL⁻¹), Cb17 ($6,4 \cdot 10^9$ UFM mL⁻¹), Cb19 ($8 \cdot 10^8$ UFM mL⁻¹).

Los inoculantes bacterianos utilizados provinieron del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

La inoculación del biofertilizante y la siembra de canavalia se realizaron en las primeras horas de la mañana. La dosis de *Rhizobium* empleada fue de $4 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$ de semillas.

Se sembraron tres surcos de canavalia a $0,20 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$ ($60\,000 \text{ plantas} \cdot \text{ha}^{-1}$) entre las hileras de cafetos (*Coffea arabica* L.) separaron a $0,80 \text{ m}$ de los mismos. El cafeto estaba establecido bajo sombra de guamo (*Inga vera* Wild.), tenía un año de edad y un marco de plantación de $2 \text{ m} \times 1,50 \text{ m}$.

Las evaluaciones se realizaron cuando el 75-80 % de la canavalia floreció. A nueve plantas de cada tratamiento se les evaluaron:

- Cantidad de nódulos efectivos.
- Número de hojas trifoliadas.
- Diámetro del tallo (cm).
- Masa seca de la raíz, tallo y hojas (g).
- Masa seca total (sumatoria de la masa seca de la raíz, del tallo y las hojas), se extrapolaron a $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Se enviaron muestras de cada órgano de la planta separados por tratamiento al laboratorio para la determinación del contenido de N, P y K.

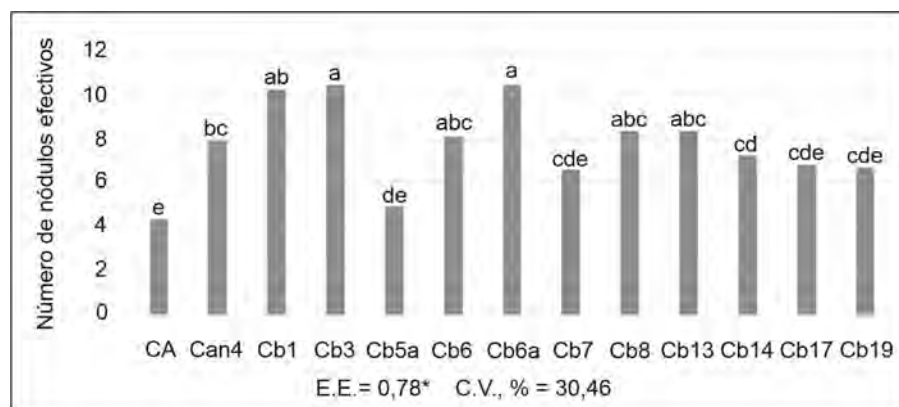
Se determinó el N por el método Kjeldahl, el P por colorimetría por el método del azul de molibdeno y el K por fotometría de llama.

A partir de la materia seca y las concentraciones de nutrientes se calculó la eficiencia de uso de los nutrientes (EU) según la fórmula de Siddiqi y Glass (1981) citado por Tomaz *et al.* (2009): $\text{EU} = (\text{masa seca de la planta})^2 / (\text{contenido de nutriente en la planta})$.

A los datos se les realizó la prueba de normalidad y homogeneidad de varianza. La comparación de las medias se realizó mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan con un nivel de confianza del 95 %. El procesamiento estadístico de los datos se realizó con el programa InfoStat versión 1.0.

Resultados y discusión

Independientemente de la inespecificidad, la promiscuidad y efectividad de la canavalia ante un amplio rango de especies de rizobios (Hernández *et al.*, 2012), la inoculación de *Rhizobium* a las semillas de esta especie de abono verde en el momento de la siembra aumentó significativamente el número de nódulos efectivos por planta en comparación al control absoluto, con excepción de los aislados Cb5a, Cb7, Cb17 y Cb19, quienes mostraron resultados similares estadísticamente al mismo, pero con valores medios numéricamente superiores. Cb3, Cb6a y Cb1 fueron los que propiciaron la mayor nodulación efectiva, aunque sin diferencias de tres aislados más (Fig. 1).



*Barras con letras diferentes difieren para $p \leq 0,05$.

CA: Control absoluto (no inoculación de cepa de *Rhizobium*).

Fig. 1. Influencia de los aislados de *Rhizobium* sobre el total de nódulos efectivos en las plantas de canavalia.

La baja nodulación efectiva pudo estar motivada por la acidez presente en el suelo (pH 4,07). Según Hernández *et al.* (2017), la acidez del suelo puede limitar el crecimiento de las comunidades de rizobios en la rizosfera y también su capacidad de infectar la planta.

Cabrera *et al.* (2017), al inocular *Rhizobium* en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), incrementaron significativamente la nodulación. Estos autores expresaron que Puertas (2006) en la habichuela (*Vigna sesquipedalis* L.) también encontró diferencias significativas para el número de nódulos por plantas en tratamientos con *Rhizobium* respecto al control.

El crecimiento de la canavalia se benefició estadísticamente con la inoculación de los inoculantes bacterianos. Con Can4 se obtuvo el mayor valor medio de hojas trifoliadas y de masa seca con incrementos del 90,5 y 90,2 %, respectivamente, con relación al tratamiento sin inoculación de *Rhizobium*. El diámetro del tallo del tratamiento con esta misma cepa no se diferenció de siete aislados de 11 estudiados; pero tuvo el valor medio absoluto más alto con incrementos significativos del 44 % respecto a la variante donde no se realizó la inoculación bacteriana (Tabla 2).

Tabla 2. Influencia de los aislados de *Rhizobium* en los índices morfofisiológicos de la canavalia

Tratamiento	Hojas trifoliadas (U)	Diámetro del tallo (cm)	Masa seca total ($t \cdot ha^{-1}$)
C.A.	14,00 d	0,71 c	1,43 d
Can4 (T.R.)	26,67 a	1,02 a	2,72 a
Cb1	22,22 b	0,87 b	1,92bc
Cb3	19,33 bc	0,88 ab	1,94bc
Cb5a	18,33 c	0,84 b	1,73 c
Cb6	21,44 bc	0,88 ab	1,90bc
Cb6a	21 bc	0,85 b	1,82 c
Cb7	19,78 bc	0,86 b	1,68 cd
Cb8	18,33 c	0,88 ab	2,17 b
Cb13	19,67 bc	0,93 ab	1,97bc
Cb14	21,44 bc	0,93 ab	1,90bc
Cb17	20,22 bc	0,92 ab	1,77 c
Cb19	18,44 c	0,88 ab	1,94bc
CV, %	15,23	14,89	14,70
E.E.	1,02*	0,04*	0,09*

*Medias con letras diferentes difieren para $p \leq 0,05$.

C.A.: Control absoluto (no se inoculó *Rhizobium* a las semillas).

T.R.: Testigo de referencia.

Los mejores resultados con Can4 pueden estar asociados a la tolerancia a la acidez de los suelos. En este sentido, Hernández *et al.* (2017) concluyeron en su investigación que la tolerancia a pH ácidos del aislado Can4 hace que constituya un microorganismo promisorio para mejorar el establecimiento de *Canavalia ensiformis* en suelos cubanos afectados por la acidez.

Martín *et al.* (2012) reportaron para la época de frío valores entre 1,35-1,60 $t \cdot ha^{-1}$ de masa seca de canavalia en un suelo Ferralítico Rojo. Martín *et al.* (2017), en

época poco lluviosa, obtuvieron incrementos en la masa seca de la canavalia con la inoculación de la cepa Can4 y Can5. Estos autores alcanzaron rendimientos entre 2,24-4,58 $t \cdot ha^{-1}$ de masa seca para igual temporada en suelos Pardos Sialíticos Mullidos Carbonatados, y expresaron que la adecuada inoculación de una leguminosa con cepas efectivas provoca un aumento de la masa aérea de las plantas.

En la absorción y uso eficiente de nutrientes por la canavalia también se notaron efectos significativos y positivos

con los inoculantes bacterianos. Cuando se inoculó la cepa Can4 se obtuvieron estadísticamente los mayores valores en la absorción de N, P_2O_5 , K_2O , uso eficiente del nitrógeno (UEN) y uso eficiente del fósforo (UEP) con respecto a los aislados de *Rhizobium* de suelos de Tercer Frente en Santiago de Cuba y al control absoluto; con respecto a este

último tratamiento, los incrementos de estos indicadores fueron de 122 %, 96 %, 167 %, 61 % y 84 %, respectivamente. En el uso eficiente del potasio (UEK), Can4 fue el único inoculante bacteriano que incrementó significativamente en un 31 % con relación al control, y no se difirió de los siguientes aislados: Cb8, Cb13, Cb14 y Cb17 (Tabla 3).

Tabla 3. Influencia de los aislados de *Rhizobium* en la absorción total y uso eficiente de nutrientes por plantas de canavalia

Tratamientos	N	P_2O_5	K_2O	UEN	UEP	UEK
	$kg \cdot ha^{-1}$			$g^2 \cdot mg^{-1}$		
C.A.	29,87 f	8,10 e	22,18 f	1,15 e	4,24 e	1,58 bc
Can4 (T.R.)	66,45 a	15,88 a	59,26 a	1,86 a	7,81 a	2,08 a
Cb1	44,97 cd	10,48 cd	39,52 bcd	1,37 cd	5,85 bcd	1,56 c
Cb3	46,44 c	11,32 c	42,80 bc	1,35 cd	5,54 cd	1,48 c
Cb5a	35,03 ef	10,19 cd	30,73 e	1,43 c	4,91 de	1,63 bc
Cb6	45,78 c	9,17 de	35,17 de	1,31 cd	6,58 b	1,72 bc
Cb6a	33,95 ef	9,24 de	33,49 de	1,64 b	6,05 bc	1,64 bc
Cb7	39,36 de	9,22 de	31,98 e	1,21 de	5,13 cd	1,48 c
Cb8	53,69 b	14,02 b	44,06 b	1,47 bc	5,61 cd	1,8 abc
Cb13	43,11 cd	11,19 c	36,61 cde	1,5 bc	5,82 bcd	1,78 abc
Cb14	45,28 c	10,54 cd	31,60 e	1,32 cde	5,69 bcd	1,91 ab
Cb17	44,52 cd	11,17 c	31,50 e	1,34 cd	5,33 cd	1,91 ab
Cb19	46,59 c	11,85 c	36,69 bcd	1,35 cd	5,33 cd	1,71 bc
E.E.	1,83*	0,52*	2,14*	0,06*	0,29*	0,10*
C.V., %	7,15	8,16	10,16	7,01	8,69	10,23

*Medias con letras diferentes difieren para $p \leq 0,05$.

CA: Control absoluto (no se inoculó *Rhizobium* a las semillas).

T.R. Testigo de referencia (semillas inoculadas con cepa comercial).

Los menores valores en la absorción de N, P_2O_5 , K_2O , UEN y UEP se obtuvieron cuando no se utilizaron los inoculantes bacterianos, aunque sin diferencia de algunos de los aislados de canavalia obtenidos en los suelos Pardos Ócricos sin Carbonatos de Tercer Frente (Tabla 3).

Los resultados relacionados a la absorción de nutrientes en los diferentes tratamientos pueden estar asociados a los mostrados en la tabla 2, es decir, a mayor aporte de masa seca, pues mayor debe ser la absorción de nutrientes.

Martín *et al.* (2017) alcanzaron resultados similares. En época poco lluviosa obtuvieron incrementos en la extracción del N en la canavalia con la inoculación de la cepa Can4 y Can5. Estos autores reportaron valores entre 45,95 y 71,04 $kg \cdot ha^{-1}$ a los 70 días después de germinado en suelos Pardos Sialíticos Mullidos Carbonatados.

Martín *et al.* (2012), al inocular *Glomus cubense* (CEPA INCAM-4) en un suelo Ferralítico Rojo en la época de frío, informaron aportes de N, P y K que oscilaron entre 42,44-79,25 $kg \cdot ha^{-1}$; 4,85-5,92 $kg \cdot ha^{-1}$ y 29,07-38,08 $kg \cdot ha^{-1}$, respectivamente. García *et al.* (2017) reportaron en la canavalia extracciones de N, P y K de 157,4; 19,1 y 122,9 $kg \cdot ha^{-1}$, respectivamente, en un suelo Ferralítico Amarillento Rojizo Lixiviado.

Es importante tener en cuenta que estos resultados inferiores pudieron estar ocasionados a que la canavalia se estableció asociada con el cultivo del café bajo guamo; en este sentido, Martín *et al.* (2017) expresaron que en resultados experimentales obtenidos en estudios con otras leguminosas se ha demostrado que las mismas crecen más rápido en el verano, al igual que acumulan más nutrientes, debido al aumento de la luz

solar y que esta es una de las condiciones que limitan su desarrollo.

La eficiencia nutricional refleja la habilidad para producir un alto rendimiento en un suelo que presente limitación de uno o más nutrientes minerales (Tomaz *et al.*, 2008).

Schütz *et al.* (2018), en un amplio análisis, revelaron que los biofertilizantes mejoran el uso eficiente del nitrógeno y fósforo; además, encontraron que tanto los de fijación de nitrógeno como los solubilizadores de fósforo tienen el mayor potencial para mejorar los rendimientos de los cultivos.

Se puede lograr un mejorado uso eficiente de nutrientes en las plantas mediante una cuidadosa manipulación de las mismas, el suelo, los fertilizantes, los factores biológicos, ambientales y las mejores prácticas de manejo. La interacción de las plantas con microorganismos de la raíz tienen una gran influencia en el uso eficiente de los nutrientes en las plantas (Baligar *et al.*, 2001).

Conclusiones

- Los aislados de *Rhizobium* provenientes de los suelos de Tercer Frente en Santiago de Cuba presentaron influencia positiva el desarrollo y uso eficiente de nutrientes por la canavalia con respecto al tratamiento sin inoculación bacteriana en los suelos Fersialíticos Pardos Rojizos de Jibacoa; pero la cepa Can4 fue quien presentó en sentido general los mejores resultados en los indicadores evaluados.
- Los aislados de *Rhizobium* influyeron en el incremento de los nódulos efectivos en las plantas de canavalia; Cb3, Cb6a y Cb1 propiciaron la mayor nodulación efectiva, aunque sin diferencias de Cb6, Cb8 y Cb13.
- Cuando se inoculó la cepa Can4 se obtuvieron estadísticamente los mayores valores en el número de hojas trifoliadas, masa seca, la absorción de N, P_2O_5 , K_2O , UEN y UEP con respecto a los aislados y al control absoluto; este último tratamiento tuvo los valores medios absolutos más bajos.
- Can4 fue la única cepa que incrementó significativamente UEK con respecto al control, y no difirió de los aislados Cb8, Cb13, Cb14 y Cb17.

Bibliografía

Andrade, F. H.: Los desafíos de la agricultura. La nutrición de los cultivos. En: *Conferencia. Simposio fertilidad*, Centro de Convenciones Metropolitano Rosario,

Santa Fe, Argentina, 17 y 18 de mayo, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.fertilizar.org.ar/subida/evento/Simposio2017/ActasSimposio2017.pdf> [Consultado: 17 de mayo de 2018].

Baligar, V. C.; Fageria, N. K. and Z. L. He: Nutrient use efficiency in plants. *Soil Science and Plant Analysis*, 32 (7-8): 921–950, 2001. [En Línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Zhenli_He/publication/44276508_Nutrient_Use_Efficiency_in_plants/links/00b495152ecd8006a5000000/Nutrient-Use-Efficiency-in-plants.pdf [Consultado: 30 de julio del 2018].

Cabrera, Y. L.; Santana, Y. y E. Miranda: Efecto de la inoculación de *Rhizobium* sobre el crecimiento de *Phaseolus vulgaris* (frijol) en condiciones semicontroladas. *Avances* ISSN 1562-3297, 19 (1): 66-74, 2017.

Fernandes, M. F.; Roberta Pereira & Mariangela Hungria: Seleção de rizóbios nativos para guandu, caupi e feijão-de-porco nos tabuleiros costeiros de Sergipe. *Pesq. agropec. bras., Brasília*, 38 (7): 835-842, 2003. [En línea] Disponible en: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/AI-SEDE/24873/1/v38n7a07.pdf> [Consultado: 29 de noviembre del 2017].

García, Milagros; Rivera, R.; Yoanna Cruz; Yenssi Acosta & J. Ramón: 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, 2017.

Hernández, I.; Pérez, G.; María C. Nápoles; Rosales, P.; Baños, R. y J. F. Ramírez: Selección de aislados de rizobios provenientes de nódulos de la leguminosa forrajera *Canavalia ensiformis*. *Cultivos Tropicales*, 33 (3): 27-33, 2012.

Hernández, I.; Gloria Martín; Belkis Morales; Bustamante, C. y Y. Ferrás: Aislamiento y caracterización de cepas nativas de *Rhizobium* para la inoculación efectiva de *Canavalia ensiformis*. En: *Informe de Tarea*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque, 14 pp., 2016.

Hernández, I.; María C. Nápoles; Rosales, P. R.; Ramírez, J. F. y Sheyla Ponte: Tolerancia a la acidez de rizobios provenientes de nódulos de *Canavalia ensiformis*. *Cultivos Tropicales*, 38 (3): 55-57, 2017.

Martín, Gloria; Rivera, R.; Pérez, A. y Lianne Arias: Respuesta de la *Canavalia ensiformis* a la inoculación micorrízica con *Glomus cubense* (cepa INCAM-4), su

- efecto de permanencia en el cultivo del maíz. *Cultivos Tropicales*, 33 (2): 20-28, 2012.
- Martín, Gloria; Tamayo, Y.; Hernández, I.; Varela, M. y E. Da Silva: Cuantificación de la fijación biológica de nitrógeno en *Canavalia ensiformis* crecida en un suelo Pardo Mullido Carbonatado mediante los métodos de abundancia natural de ^{15}N y diferencia de N total. *Cultivos Tropicales*, 38 (1): 122-130, 2017.
- Orozco, A. L.; Martha Irene Valverde; Martínez, R.; Chávez, C. & R. Benavides: Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con biofertilización cultivado con manzano. [En línea] *Terra Latinoamericana*, 34 (4):441-456, 2016. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57347465006.pdf> [Consultado: 17 de mayo del 2018].
- Schütz, L.; Andreas Gatteringer; Meier, M.; Müller, A.; Boller, T.; Mäder, P. & N. Mathimaran: Improving Crop Yield and Nutrient Use Efficiency via Biofertilization—A Global Meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 8:2204, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://orgprints.org/32536/1/schuuetz-et-al-2018-FrontPlantSci-8-2204-p1-13.pdf> [Consultado: 30 de julio del 2018].
- Tomaz, M.; Hermínia Emília Prieto; Damião, C.; Soares, R.; Alves, A. & Ney Sussumu: Eficiência relacionada à absorção e utilização de nitrogênio, fósforo e enxofre, em plantas de cafeeiros enxertadas, cultivadas em vasos. *Ciênc. agrotec., Lavras*, 33 (4): 993-1001, 2009.
- Tomaz, M. A.; Hermínia Emília Prieto; Damião, C.; Binda, R.; Zambolim, L. & Ney Sussumu: Diferenças genéticas na eficiência de absorção, na translocação e na utilização de K, Ca e Mg em mudas enxertadas de cafeeiro. *Ciência Rural*, 38 (6): 1540-1546, 2008.

Estructuras Escuelas

La restructuración actual del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales confirió a la Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente la creación de las Estructuras Escuelas en la base productiva, como estrategia factible y eficaz para el trabajo con el productor, quien contribuye en la garantía de la perspectiva alimentaria, en el actual panorama medioambiental y económico del país, así como en la formación de las nuevas generaciones y como incentivo a la reanimación de la caficultura nacional.