

Efectos de dos microorganismos autóctonos benéficos en la calidad de semillas de *Canavalia ensiformis* (L.)

Effects of two beneficial autochthonous microorganisms in *Canavalia ensiformis* (L.) seeds quality

Pabel Rodríguez-Quinonez¹, Dayanis Hernández-Fontes¹, Abel González-Morales¹, Iosvany Palmero-Venegas¹, Carlos A. Mazorra-Calero¹, Aurora T. Pérez-Martínez², Dayamí Fontes-Marrero¹, Yanier Acosta-Fernández^{1, 2*}

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Ciego de Ávila, Cuba.

² Centro de Bioplasmas, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Ciego de Ávila, Cuba.

Correo electrónico del Autor corresponsal: *yacfdez@gmail.com

ID ORCID de los autores

P. Rodríguez-Quinonez:  <http://orcid.org/0000-0002-9013-6555>

D. Hernández-Fontes:  <http://orcid.org/0009-0007-3847-5887>

A. González-Morales:  <http://orcid.org/0000-0003-1158-1915>

I. Palmero-Venegas:  <http://orcid.org/0000-0003-0118-4828>

C. A. Mazorra-Calero:  <http://orcid.org/0000-0002-3431-9824>

A. T. Pérez-Martínez:  <http://orcid.org/0000-0001-5813-3111>

D. Fontes-Marrero:  <http://orcid.org/0000-0001-6573-4732>

Y. Acosta-Fernández:  <http://orcid.org/0000-0001-7017-0556>

RESUMEN

Los microorganismos autóctonos benéficos (MABs) o eficientes (ME) pueden tener un efecto positivo sobre la estimulación del desarrollo de las raíces y la mejora en la nutrición de las plantas lo que ayuda a una mayor producción agrícola. Esta investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto del IHPLUS[®] y el ME-50 en la producción de semilla de *Canavalia ensiformis* (L.). Para esto se establecieron parcelas de 75,6 m², empleando como tratamientos los MABs, IHPLUS[®] y ME-50; además de un tratamiento testigo. Se realizaron aplicaciones foliares semanalmente con dosis de 50 ml/L. Se obtuvieron resultados muy superiores a los del testigo con la aplicación de IHPLUS[®] y EM-50 en la masa de la legumbre con semilla y sin semilla, largo de la legumbre, así como en el largo, ancho y grosor de la semilla. También, la cantidad de semillas por legumbre fue significativamente superior al aplicar el IHPLUS[®] y de igual manera se obtienen con este tratamiento los mejores rendimientos de semilla, duplicando los obtenidos por el tratamiento testigo.

Palabras clave: Contenido de humedad, legumbre, rendimiento y semilla.

ABSTRACT

Beneficial indigenous microorganisms (BIMs) or efficient microorganisms (EM) can have a positive effect on stimulating root development and improving plant nutrition, which helps greater agricultural production. This research was developed with the objective of evaluating the effect of IHPLUSTM and ME-50 on the seed production of *Canavalia ensiformis* (L.). For this, plots of 75.6 m² were established, using BIMs, IHPLUSTM and ME-50 as treatments; in addition to a control treatment. Foliar applications were made weekly with doses of 50 ml/L. Results much superior to

those of the control were obtained with the application of IHPLUS™ and EM-50 in the mass of the legume with seed and without seed, length of the legume, as well as in the length, width and thickness of the seed. Also, the number of seeds per legume was significantly higher when applying IHPLUS™ and in the same way, the best seed yields were obtained with this treatment, doubling those obtained by the control treatment.

Keywords: Moisture content, legume, yield and seed.

ISSN.N°2708-9843

Recibido: 18 de mayo de 2024

Aceptado para su publicación: 18 de agosto de 2024

INTRODUCCIÓN

Los Micoorganismos Autóctonos Benéficos o Eficientes surgen desde la década de los años 60, aunque los mayores avances comienzan con los estudios del profesor de horticultura Teruo Higa, de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa aproximadamente en 1970. Este investigador se motivó por la búsqueda de alternativas naturales en la producción agrícola, el mismo había sufrido efectos tóxicos de plaguicidas químicos en sus primeros años de ejercitar su profesión (Quispe & Chávez, 2017).

Los microorganismos eficientes pueden promover el reciclaje de nutrientes en el suelo, son capaces de degradar agentes tóxicos como pesticidas, producir moléculas orgánicas simples y la solubilización de fuentes de nutrientes poco solubles (García-Velázquez & Gallardo, 2017). También es conocido el efecto positivo que tiene la aplicación de ME sobre la estimulación del desarrollo de las raíces y de la mejora en la nutrición debido a un incremento en la asimilación de los nutrientes en el suelo. Se conoce que existen varios microorganismos que son responsable de la solubilización de nutrientes como P y K, otros son capaces de fijar el Nitrógeno atmosférico convirtiéndolos en formas asimilables para las plantas.

Asimismo, el incremento en profundidad y superficie del sistema radical permite una mejor adquisición del agua (Aung et al., 2018).

Los ME tienen efectos sobre la tolerancia a factores estresantes, existen varias especies de *Pseudomonas* que al colonizar las raíces de las plantas o el interior del tejido pueden aliviar los efectos del estrés ambiental en la planta al ayudar a la adquisición de nutrientes por la planta, a modular los niveles de hormonas de la planta, inducir la acumulación de osmolitos y antioxidantes, también permiten regular o disminuir la expresión de los genes relacionados con el crecimiento de las plantas (Batista-Sánchez et al., 2015).

Las rizobacterias son capaces de mejorar la tasa fotosintética de las plantas debido al aumento en conductancia estomática y una mayor eficiencia fotoquímica particularmente bajo condiciones de estrés abiótico. Algunas mejoran la asimilación del CO₂, incrementan la eficiencia de carboxilación, aumentan el contenido de clorofila y la tasa aparente de transporte de electrones. Asimismo, se ha informado que las rizobacterias protegen la integridad fotoquímica de los fotosistemas, al evitar una presión energética excesiva sobre

centros de reacción particularmente del fotosistema II (Kalpana et al., 2015).

El uso de los microorganismos eficientes en la agricultura está en función de la zona, la calidad del suelo, el clima, los métodos de cultivo y la irrigación, entre otros factores; con la aplicación de microorganismos benéficos el suelo retiene más agua, lo que implica una mejora de los cultivos que incrementan su resistencia al estrés hídrico en épocas de sequía o en suelos más arenosos; dicha mejora viene dada tanto por el incremento de materia orgánica en el suelo, reduciendo la porosidad, como consecuencia de la actividad microbiana, como por el equilibrio iónico, favoreciendo así la interacción de las cargas superficiales de la estructura física del suelo con las cargas iónicas del agua (Díaz-Solares et al., 2020).

Su uso de manera general en las plantas: inducen mecanismos de eliminación de insectos y enfermedades en las plantas, puesto que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades, incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos, y promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas. Incrementa la capacidad de fotosíntesis a través de un mayor desarrollo foliar (Tanya Morocho & Leiva-Mora, 2019).

El mecanismo mediante el cual algunos ME favorecen el enraizamiento se explica por la

capacidad de algunos microorganismos de producir cambios en el balance fitohormonal principalmente en la producción de ácido indol acético, así como en la habilidad para solubilizar minerales del suelo como los fosfatos haciéndolos más disponibles (Olanrewaju et al., 2017).

Dentro de los ME algunas bacterias pueden promover el crecimiento vegetal y con ello la calidad de biomasa, la cual puede ser utilizada como alimento directo, producción de biocombustible o en la fabricación de piensos (Andrade, 2020).

En particular las bacterias endofíticas pueden colonizar los tejidos internos de órganos en la planta y con ello contribuir crecimiento en biomasa. Se considera que las bacterias endofíticas pueden al igual que las rizobacterias contribuir a una mejor adquisición de nutrientes y otros recursos que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas (Delgado et al., 2022).

El uso de Microorganismos Autóctonos Benéficos (MABs) se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Los MABs constituyen un producto que se comercializa como una mezcla de microorganismos tales como bacterias ácido-lácticas, bacterias fototrópicas y levaduras. En la presente investigación se utilizaron el ME-50 (producto comercial de Labiofam, Cuba) e IHPLUS[®] (producto comercial de la Estación de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Cuba) con el objetivo de evaluar su efecto en la producción de semillas de *Canavalia ensiformis* (L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Generalidades

La investigación se realizó en la estación experimental “Dr. Juan Tomás Roig”, perteneciente al Centro de Bioplantitas,

Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Ciego de Ávila, Cuba, en el período comprendido entre los meses de junio a marzo del 2021. El tipo de suelo es clasificado como Ferralítico Rojo Compactado y presenta una topografía plana. La especie utilizada fue *Canavalia ensiformis* (L.) y la siembra se realizó en el mes de junio con una distancia entre surcos de 0,7 m. El riego se realizó mediante un sistema de riego localizado con aspersión. Periódicamente se realizaron labores agrotécnicas para mantener el área libre de plantas indeseables.

Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue de bloques al azar con tres tratamientos y tres réplicas cada uno. Dos tratamientos correspondieron a los microorganismos autóctonos benéficos (MABs), ME-50 (50 ml L⁻¹) e IHPLUS® (50 ml L⁻¹), mientras el otro tratamiento fue el control. Cada 14 días, hasta el comienzo de la floración, se aplicaron los MABs en las dosis antes descritas. La cosecha de las legumbres (frutos) se realizó en el mes de marzo, cuando estas habían cambiado su coloración de verde a carmelita oscuro.

Determinaciones

Masa de la legumbre (g): Se tomaron 100 legumbres para determinar la masa de cada una en una balanza analítica de cuatro decimales (Sartorius, BL 1500).

Masa de la legumbre sin semillas (g): Se tomaron 100 legumbres, se les retiró las semillas y se determinó la masa de cada una en una balanza analítica de cuatro decimales (Sartorius, BL 1500).

Largo de la legumbre (cm): Se tomaron 100 legumbres para medir la longitud de cada una con la ayuda de una regla graduada.

Semillas por legumbre: Se tomaron 100 legumbres al azar y se contó el total de semillas de cada una.

Tamaño de las semillas (mm): Se tomaron 100 semillas para medir el largo, el ancho y el diámetro de cada una con un Pie de rey digital (Stainless hardened).

Contenido de humedad (%): Se tomó una muestra que se dividió en tres repeticiones de 1 g de semillas y se determinó el contenido de humedad mediante el método de secado en horno a temperatura alta constante (ISTA, 2016).

Rendimiento (kg ha⁻¹): El rendimiento estimado de semillas por hectárea se calculó a partir de la regla de tres, usando el total de semillas obtenidas por metro² en cada réplica experimental.

Análisis estadístico de los datos

En análisis estadístico de los datos se utilizó el SPSS (Versión 11.5 para Windows, SPSS Inc.). Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) simple. Las medias de los tratamientos se compararon utilizando la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) previa comprobación de los supuestos de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianzas (Levene). En algunos casos fue necesaria la transformación de los datos para lograr los supuestos de las pruebas paramétricas realizadas, en cada figura se especifica el análisis estadístico realizado.

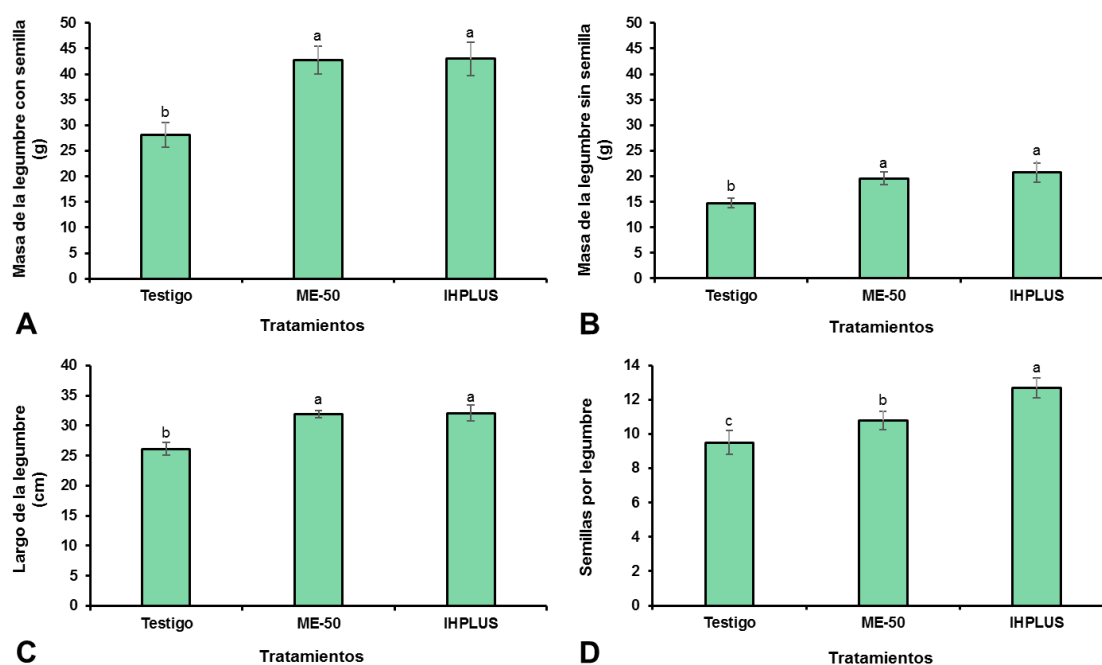
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 muestra los resultados obtenidos en algunos caracteres morfo-fisiológicos de las legumbres de *C. ensiformis*. Existen diferencia significativa para todas las variables evaluadas entre los tratamientos donde se utilizaron los MABs y el tratamiento control. La mayor masa de las legumbres con semillas y sin estas, se obtuvo con la aplicación de MABs; igual resultado se observó en el largo de las legumbres. El total de semillas por legumbre fue significativamente superior con el uso de IHPLUS[®] en comparación con el ME-50 y el

control, mientras con el uso de ME-50 se obtuvo un mejor resultado que en el tratamiento control.

Los caracteres morfológicos evaluados en *C. ensiformes* mostraron variabilidad con el uso de MABs en relación al tratamiento control. Según Emebiri (1996) y Caceres et al. (1995) las legumbres de *C. ensiformis* pueden llegar a medir hasta 30 cm, sin embargo, con el uso de MABs se obtuvieron legumbres de hasta 33 cm de largo.

Figura 1. Efecto del uso de microorganismos autóctonos benéficos en caracteres morfológicos de las legumbres de *Canavalia ensiformis* (L.).



(A) masa de la legumbre con semilla, (B) masa de la legumbre sin semilla, (C) largo de la legumbre y (D) semillas por legumbre. Medias con letras desiguales, en cada figura, difieren estadísticamente (ANOVA simple, $P \leq 0,05$; $n = 100$). Las barras verticales indican media $\pm$ error estándar.

Los resultados demuestran que con el uso de MABs se puede incrementar la masa y el tamaño de las legumbres de *C. ensiforme*,

además del número de semillas por legumbres.

Efectos de dos microorganismos autóctonos benéficos en la calidad de semillas de *Canavalia ensiformis* (L.)

En la figura 2 se muestran las características morfo-fisiológicas de las semillas de *C. ensiformes*. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos a los cuales se le aplicaron los MABs y el tratamiento control para el largo, el ancho y el grosor de las semillas. Para los caracteres anteriores, los mejores resultados se cuantificaron cuando se utilizó el IH-Plus. En relación al contenido de humedad de las semillas, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos que se estudiaron.

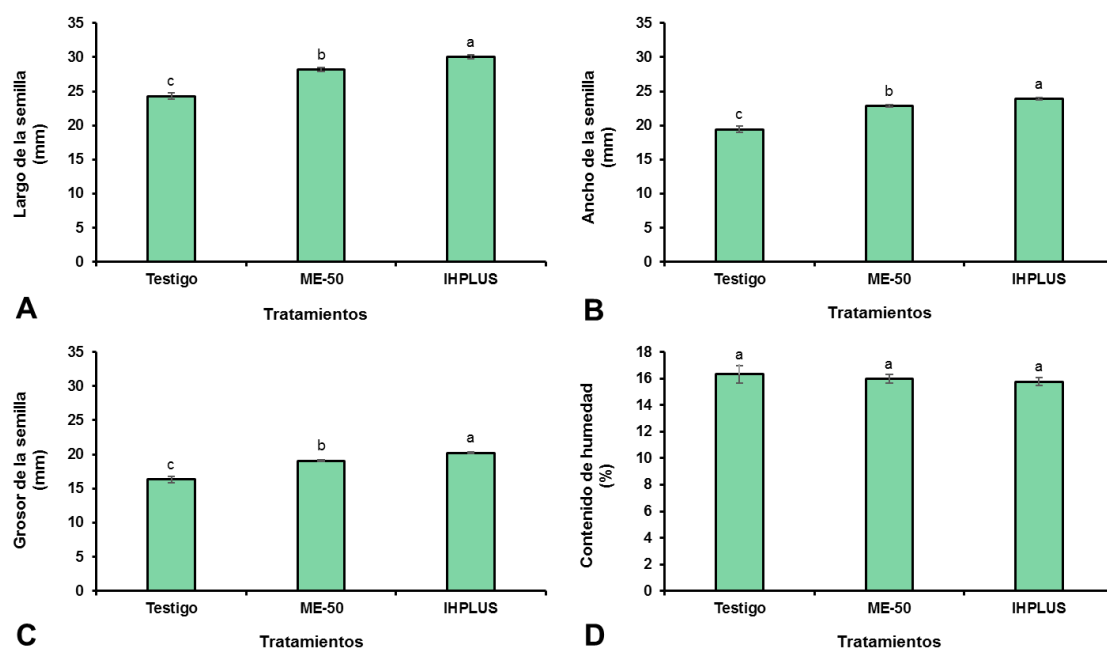
Los caracteres morfológicos evaluados en las semillas, cuando se usaron los MABs, fueron superiores a los descritos para *C. ensiformis* por Emebiri (1996). Este autor informó que las semillas de esta especie podían medir como promedio 21 mm de largo, lo que difiere de los resultados obtenidos en la

Figura 2. Efecto del uso de microorganismos autóctonos benéficos en caracteres morfológicos e indicadores fisiológicos de las semillas de *Canavalia ensiformis* (L.).

presente investigación cuando se utilizaron los MABs.

El contenido de humedad observado en las semillas al momento de la cosecha fue inferior al 16% en todos los tratamientos, lo que demuestra el carácter ortodoxo de las mismas según lo expuesto por Ellis et al. (2018), Gutiérrez et al. (2020) y Freire et al. (2021) sin observarse influencia del uso de los MABs en este indicador.

La figura 3 muestra el rendimiento productivo estimado de *C. ensiformis*. Se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos evaluados, con el resultado más bajo en tratamiento control. Con el uso de los MABs se incrementó el rendimiento, duplicándose, en relación con el tratamiento control, con el uso de IH-Plus.



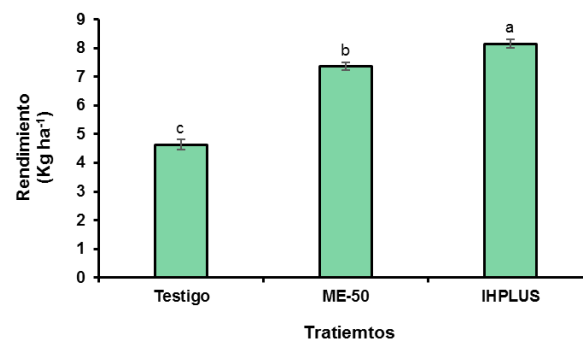
(A) largo de la semilla, (B) ancho de la semilla, (C) grosor de la semilla y (D) contenido de humedad de las semillas. Medias con letras desiguales, en cada figura, difieren estadísticamente

(ANOVA simple, $P \leq 0,05$; $n = 100$). Solo para el procesamiento estadístico los datos se transformaron según $y' = 2 * \arcsen ((y/100)^{0,5})$. Las barras verticales indican media $\pm$ error estándar.

En cuanto al rendimiento, existen investigaciones con resultados divergentes entre sí y con esta investigación. Oviedo and Guzmán (1983) obtuvieron 10,98 kg/ha⁻¹, mientras Caceres et al. (1995) alcanzaron un rendimiento entre 6,846 y 8,496 kg/ha⁻¹. Otro

de los estudios en esta especie muestra rendimientos agrícolas de 6,91 kg/ha⁻¹ según lo planteado por Mora et al. (1982).

Figura 3. Efecto del uso de microorganismos autóctonos benéficos en el rendimiento de *Canavalia ensiformis* (L.).



Medias con letras desiguales, en cada figura, difieren estadísticamente (ANOVA simple, $P \leq 0,05$; $n = 100$). Las barras verticales indican media $\pm$ error estándar.

Posteriormente a estos resultados otros autores mostraron rendimientos por debajo de los planteado por los autores antes mencionados. Según León, (1991) citado por Carmona et al. (1993) los rendimientos de *C. ensiformis* en Venezuela están en el orden de los 2.5 a 6 kg/ha⁻¹, mientras que en Cuba según Díaz et al. (2005) solo se alcanzan de 1 a 2 kg/ha⁻¹. Según Sheahan (2012) en México el rendimiento agrícola es de 1 a 4.6 kg/ha⁻¹ y

de 1 a 3.8 kg/ha⁻¹ en Yucatán, México según Hernández-Montiel et al. (2016).

Los rendimientos obtenidos bajo las condiciones edafoclimáticas de la estación experimental Juan Tomas Roig entre los meses de julio a diciembre del 2021, muestran valores superiores a los descritos por Díaz et al. (2005) para el cultivo de *C. ensiformis* en Cuba.

CONCLUSIONES

El uso de los MABs (ME-50 e IHPLUS[®]) influye en un aumento del tamaño de las legumbres, del número de semillas por

legumbre y del tamaño de las semillas. Adicionalmente, esto ocasiona un incremento en los rendimientos agrícolas de esta especie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, F. M. C. d. (2020). Caderno dos microorganismos eficientes (EM): instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. Universidade Federal de Viçosa.
- Aung, K., Jiang, Y., & He, S. Y. (2018). The role of water in plant-microbe interactions. *The Plant Journal*, 93(4), 771-780.
- Batista-Sánchez, D., Nieto-Garibay, A., Alcaraz-Melendez, L., Troyo-Diéguez, E., Hernández-Montiel, L., Ojeda-Silvera, C. M., & Murillo-Amador, B. (2015). Uso del FitoMas-E® como atenuante del estrés salino (NaCl) durante la emergencia y crecimiento inicial de *Ocimum basilicum* L. *Nova scientia*, 7(15), 265-284.
- Caceres, O., García, E. G., & Delgado, R. (1995). *Canavalia ensiformis*: Leguminosa forrajera promisorio para la agricultura tropical. *Pastos y Forrajes*, 18(2), 107-119.
- Carmona, A., Gómez-Sotillo, A., & Seidl, D. (1993). Uso de pruebas bioquímicas para el estudio de problemas nutricionales en *Canavalia ensiformis*. *Canavalia ensiformis (L)(DC): Producción, procesamiento y utilización en alimentación animal*.
- Delgado, J. F., Pérez, T. D., & Pulido, J. M. S. (2022). Efecto de microorganismos eficientes en la producción de tomate en dos períodos de siembra (Original). *REDEL. Revista Granmense de Desarrollo Local*, 6(4), 56-68.
- Díaz-Solares, M., Martín-Martín, J., Miranda-Tortoló, T., Fonte-Carballo, L., Lamela-López, L., Montejo-Sierra, I. L., Contino-Esquijerosa, Y., Ojeda-García, F., Medina-Salas, R., & Ramírez-Suárez, W. M. (2020). Obtención y utilización de microorganismos nativos: el bioproducto IHPLUS®. *Manejo agroecológico de los sistemas agropecuarios. Usos del suelo con abonos y biochar*.
- Díaz, M. F., Padilla, C., Wo, E. L., Castro, M., Herrera, R., & Martínez, R. (2005). *Annual legumes as an alternative for animal feeding in Cuba*. Paper presented at the XX International Grassland Conference: Offered papers.
- Ellis, R. H., Nasehzadeh, M., Hanson, J., & Woldemariam, Y. (2018). Medium-term seed storage of 50 genera of forage legumes and evidence-based genebank monitoring intervals. *Gen. Res. and Crop. Evol.*, 65(2), 607-623. doi:doi: 10.1007/s10722-017-0558-5
- Emebiri, L. (1996). Evaluation of jackbean (*Canavalia ensiformis*) lines derived from natural crossing with swordbean (*Canavalia gladiata*). *Biological Agriculture & Horticulture*, 12(4), 319-325.
- Freire, J., Rouws, J., Breier, T., & Ataíde, G. (2021). Drying and storage of *Melanoxylon brauna* Schott. seeds. *Brazilian Journal of Biology*, 81(2), 464-473. doi:DOI: 10.1590/1519-6984.232578
- García-Velázquez, L., & Gallardo, A. (2017). El ciclo global del nitrógeno. Una visión para el ecólogo terrestre. *Ecosistemas*, 26(1), 4-6.
- Gutiérrez, A., Pernús, M., & Sánchez, J. A. (2020). Rasgos funcionales de semillas de *Calycophyllum candidissimum* (Rubiaceae), árbol pionero del Neotrópico. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 41(1), 71-77.

- Hernández-Montiel, W., Ramos-Juárez, J. A., Aranda-Ibáñez, E. M., Hernández-Mendo, O., Munguía-Flores, V. M., & Oliva-Hernández, J. (2016). Alimento fermentado elaborado con semillas de *Canavalia ensiformis* sobre el crecimiento y la canal de corderos Pelibuey. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 7(2), 213-232.
- International rules for seed testing, (2016). Kalpana, A., Khan, H., Singh, A., Maurya, K., Mubeen, R., Yadava, U., Singh, A., & Gautam, R. (2015). Effect of different seed priming treatments on germination, growth, biochemical changes and yield of wheat varieties under sodic soil. *Int. J. Sci. Res*, 4(7), 306-3010.
- Mora, M., Escobar, A., Parra, R., & PARRA, O. D. (1982). Comportamiento granero de *Canavalia ensiformis* en Rio Negro. *Estado Miranda (Venezuela)». IPA. Informe anual'80. p. 29.*
- Olanrewaju, O. S., Glick, B. R., & Babalola, O. O. (2017). Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33, 1-16.
- Oviedo, N., & Guzmán, P. (1983). Effect of sowing density on seed production in *Canavalia ensiformis*.
- Quispe, Y. C., & Chávez, C. M. F. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), municipio de Achocalla: Yoselin Callisaya Quispe, Celia María Fernández Chávez. *Apthapi*, 3(3), 652-666.
- Ramos, Y., Forrajes, S. S., Chávez, J., Ortiz, M., & Sánchez_Yélamo, M. (2009). Morfometría de semillas de accesiones cubanas del género *Canavalia*. *Ciencia y Tecnología Ganadera*, 3(3).
- Sheahan, C. (2012). Plant guide for jack vean (*Canavalia ensiformis*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Cape May Plant Materials Center, Cape May, NJ.
- Tanya Morocho, M., & Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro agrícola*, 46(2), 93-103.