

Artículo original

Evaluación de cuatro cultivares de frijol negro para el incremento del rendimiento en Sancti Spíritus

Lesly Yanes-Simón¹ 

Wilfredo Valdivia-Pérez¹ 

Evelio Elías Orellana-Orellana¹ 

Yainier González-Pardo Hurtado¹ 

Alexander Calero-Hurtado^{1,2*} 

Luisa Cecilia Hernández-Gutiérrez¹ 

¹Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, Ave de los Mártires #360. CP 60100. Sancti Spíritus, Cuba

²Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Vía de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, CP 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil

* Autor de correspondencia: alexcalero34@gmail.com

RESUMEN

La introducción de nuevos cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) puede ser una alternativa eficiente para aumentar la diversificación y el rendimiento del cultivo. El objetivo de esta investigación fue evaluar la productividad de cuatro nuevos cultivares de frijol común de granos negros, para la certificación y diversificación en la provincia de Sancti Spíritus. La siembra de los cultivares ENAR-63, ENAR-64, ENAR-67, ENAR-68 y el Bat-304 como control, se realizó de octubre 2018 a enero 2019, en las condiciones edafoclimáticas de la Cooperativa de Créditos y Servicios “José Regino Sosa”, Sancti Spíritus, Cuba. Los tratamientos fueron dispuestos en un diseño de bloque al azar con cinco tratamientos y cinco réplicas. En el momento de la cosecha fueron observados los siguientes indicadores productivos: número de vainas por planta; número de granos por vaina; masa de 100 semillas (g); producción por planta (g); rendimiento ($t\ ha^{-1}$). Los resultados indicaron que los cultivares del grupo ENAR incrementaron los indicadores productivos y el rendimiento, comparado con la variedad comercial Bat-304. Los cultivares ENAR-63 y ENAR-67 fueron superiores a las ENAR-64, ENAR-68 y Bat-304, porque alcanzaron incrementos en el

rendimiento de 14, 27 y 126 %, respectivamente. Los aciertos de este estudio demostraron que estos cuatro cultivares constituyen una alternativa para diversificar y aumentar el potencial productivo del frijol negro en Cuba.

Palabras clave: diversidad, granos, *Phaseolus vulgaris*, productividad, variedades

Recibido: 19/10/2020

Aceptado: 15/07/2021

INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria mundial es afectada por el cambio climático que, a su vez, afecta la calidad del suelo, la productividad de los cultivos, la salud humana y animal, así como el medio ambiente ⁽¹⁾. Es evidente la necesidad de nuevos cultivares/variedades para nuestros productores que motiven y despierten en ellos la comprensión de la necesidad inminente de una agricultura sostenible, que contribuya a la calidad del medio ambiente, la generación de ingresos y la seguridad alimentaria, para que exista coincidencia con el incremento de la población mundial ⁽²⁾.

La producción de frijol, es importante en el consumo de la dieta de los cubanos y de otros países en desarrollo ⁽³⁻⁶⁾, porque es una fuente de proteínas, vitaminas y minerales para la alimentación en los países emergentes y de bajas economías ^(7,8). El empleo de nuevos cultivares pudiera ser una alternativa racional y sostenible, para aumentar la productividad del frijol común, que entre sus limitaciones productivas se encuentran, las altas temperatura, estrés por sequía, plagas, entre otros) ^(9,10).

La mejora genética de esta especie, puede ser aprovechada por la diversidad biológica ofrecida por diferentes variedades o cultivares ^(4,11). Estos variedades/cultivares, que toleren los estreses bióticos y abióticos y aumentan el crecimiento y la productividad, deben identificarse y utilizarse por los programas de mejoramiento de frijol ^(8,12), como estos cultivares relacionados con el programa de Ensayo Nacional de Adaptabilidad y Rendimiento (ENAR), realizado en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) ^(13,14).

El cultivo del frijol común en Cuba está representado, oficialmente, por 41 variedades de diferentes colores, reconocidas en el Registro Oficial de Variedades Comerciales, diversidad suficiente para lograr la adaptabilidad de la especie a las diferentes regiones y agroecosistemas del país, para mitigar las condiciones adversas, desde el punto de vista edáfico y climatológicas ⁽¹³⁾.

Por otro lado, la práctica agrícola indica que los productores deben contar con más de una variedad/cultivar del cultivo, para tener una estructura varietal capaz de dar respuesta a las exigencias edafoclimáticas. Además, la biodiversidad es importante para el reciclaje de nutrientes,

la regulación de los procesos hidrológicos y el manejo de organismos nocivos, entre otros. De hecho, actualmente en la provincia de Sancti Spíritus son comercializadas pocas variedades, siendo las más demandadas de granos negros la CUL 156 y la Bat-304, mientras que, las de granos rojos son la Velazco largo y la Delicias 364 ^(15,16).

Por lo tanto, es pertinente probar la hipótesis de que la introducción y la caracterización de cuatro nuevos cultivares de frijol común del grupo ENAR, podrían ser una alternativa eficiente para aumentar la productividad del cultivo y, a la vez, puedan incluirse en la composición varietal del Ministerio de la Agricultura (MINAG) en el territorio. En este sentido, el objetivo central de este trabajo fue evaluar la productividad de cuatro nuevos cultivares de frijol común de testa negra, para aumentar la diversificación y la producción del grano en la provincia Sancti Spíritus.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones de cultivo y material vegetal

La investigación fue desarrollada entre los meses de octubre de 2018 a enero 2019, en la finca “El Ateje” perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) “José Regino Sosa”, Sancti Spíritus, Cuba. Las condiciones climatológicas fueron adecuadas para el desarrollo de cultivo, las cuales fueron registradas por la Estación Municipal de Recursos Hidráulicos de Sancti Spíritus, la temperatura media diaria fue de $24,2 \pm 2,3$ °C, la humedad relativa entre 80,00 y 85,0 % y la precipitación pluvial acumulada durante el desarrollo del experimento fue 203,1 mm. El suelo fue clasificado como Pardo Sialítico Carbonatado ⁽¹⁷⁾, denominado Cambisol ⁽¹⁸⁾, catalogado como categoría agroproductiva II.

Las semillas de las cuatro variedades ENAR 63, ENAR 64, ENAR 67 y ENAR 68 fueron proporcionadas por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), en su programa denominado: Ensayo Nacional de Adaptabilidad y Rendimiento (ENAR). Mientras que, las semillas de la variedad Bat-304 fueron obtenidas en la Empresa de Semilla de Sancti Spíritus, con un 97 % de germinación. Las variedades fueron sembradas a una distancia de 0,50 m entre hileras y 0,10 m entre plantas para obtener aproximadamente 200000 plantas ha⁻¹ ⁽¹⁹⁾. Las labores de cultivo, como la fertilización mineral (una aplicación a 50 kg ha⁻¹ antes de la siembra 9-13-18) (N, P, K) y otra con urea a la misma dosis, a los 35 días después de la emergencia (R5) ⁽²⁰⁾, el riego (aspersión), el control de plagas, las limpiezas (manuales); entre otras, se realizaron siguiendo las recomendaciones e instrucciones orientadas en el instructivo técnico para el cultivo ⁽¹⁴⁾.

Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con cinco tratamientos y cinco réplicas. Los tratamientos estudiados fueron conformados por los cinco cultivares: ENAR 63, ENAR 64, ENAR 67, ENAR 68 y la Bat-304 como control. Las parcelas fueron de 15 m², conformadas por tres surcos de 5 m de largo y 3 m de ancho. El área efectiva fue de 5 m².

Parámetros productivos evaluados

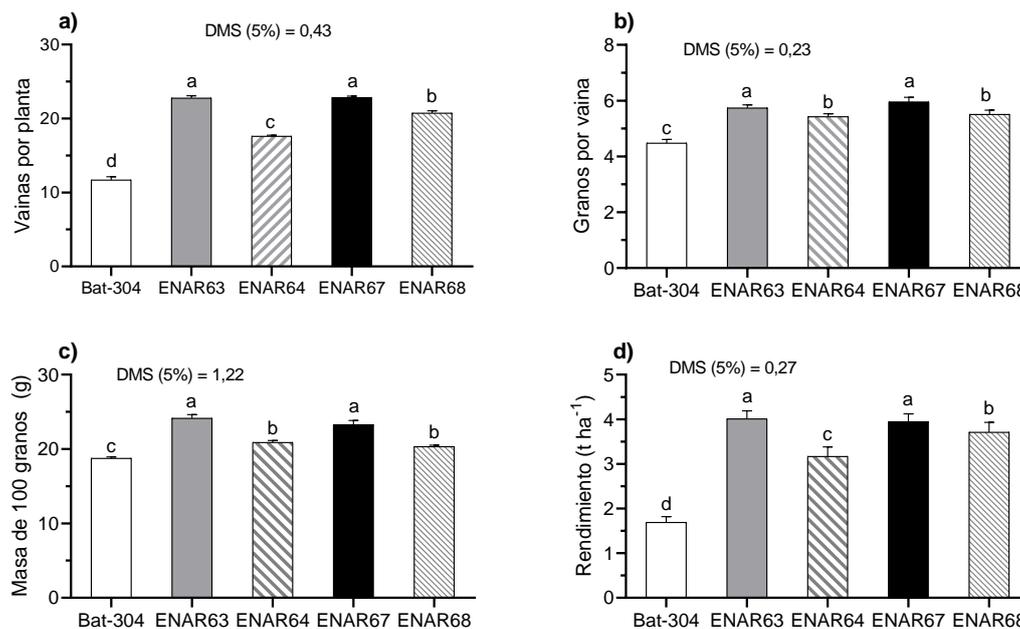
Las observaciones de los parámetros evaluados correspondieron con los descriptores recomendados en las etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo frijol ⁽²¹⁾. Los muestreos se realizaron en el área efectiva y se tomaron 50 plantas aleatorias por tratamientos. Los parámetros productivos determinados fueron: el número de vainas por planta (NV), el número de granos por vaina (NG), la masa de 100 granos (g) (M100) y el rendimiento (t ha⁻¹) (RD).

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos en los tratamientos estudiados, se analizaron asumiendo la normalidad y la homogeneidad de la varianza con las pruebas de Shapiro-Wilk y Fisher ($P < 0,05$), respectivamente. Verificados estos supuestos, los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) simple, en el software R ⁽²²⁾. Los valores de las medias fueron comparados mediante la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las cultivares de frijol evaluados mostraron efectos significativos ($P < 0,001$) en el NV, NG, M100 y el RD (Figura 1). El NV fue similar en las variedades ENAR-63 y ENAR-67 y fueron significativamente superior en 96 % a la variedad Bat-304 y a los cultivares ENAR-68 y ENAR-64, pero estos últimos, al mismo tiempo, superaron al tratamiento control en 76 y 51 %, respectivamente (Figura 1a). Los cultivares ENAR-67 y ENAR-63 presentaron respuestas similares en el NGy fueron significativamente superiores en 13 % a las ENAR-64 y ENAR-68 y 37 % en comparación a la Bat-304 (Figura 1b).



Valores simbolizados por las medias de cinco réplicas \pm desviación estándar (DE)

Letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($P < 0,05$)

DMS: diferencia mínima significativa

Figura 1. Indicadores productivos evaluados en los tratamientos: (a) número de vainas por planta, (b) granos por vaina, (c) masa promedio de 100 granos y (d) el rendimiento, obtenidos en los cultivares de frijol común estudiados en Sancti Spíritus, Cuba

La mayor M100 fue obtenida en los cultivares ENAR-63 y ENAR-67, comparado con las ENAR-64, ENAR-68 y con el tratamiento control (Bat-304), porque lograron incrementos promedio de 18 y 38 %, respectivamente. El RD fue aumentado por todas las variedades del grupo ENAR, en relación con el cultivar Bat-304, con destaque para las ENAR-63 y ENAR-67, que mostraron efectos similares y rendimientos de 126 %, en comparación con el tratamiento control. Sin embargo, el RD fue 27 y 14 % superiores en la ENAR-64 y ENAR-68, en comparación con el cultivar Bat-304.

Se observó una alta correlación significativa ($P < 0,001$) entre las variables evaluadas (Tabla 1), esto indica que los cultivares incrementaron la productividad del frijol común, especialmente por la fuerte correlación entre el RD con la M100 ($P < 0,001$, $r = 0,98^{**}$), el NV ($P < 0,001$, $r = 0,95^{**}$) y NG ($P < 0,001$, $r = 0,93^{**}$).

Tabla 1. Correlación entre las variables evaluadas en los diferentes cultivares estudiados

	NV	NG	M100	RD
NV	1	**	**	**
GV	0,90	1	**	**
M100	0,96	0,95	1	**
RD	0,95	0,93	0,98	1

NV, número de vainas; GV, granos por vaina; M100, masa de 100 granos y RD, rendimiento total

En este estudio quedó evidenciado que estos cultivares del grupo ENAR mostraron un alto potencial productivo, superiores a la variedad Bat-304 (Figura 1). Estos efectos pudieron estar influenciados por una mayor adaptabilidad al medio, observados en el incremento de los parámetros productivos NV, NG y M100 y RD (Figura 1) y también por la alta correlación obtenida entre estas variables evaluadas (Tabla 1). El promedio de precipitaciones mensual del experimento favoreció el desarrollo de las primeras etapas, como la germinación y las etapas de desarrollo vegetativo. Las precipitaciones de diciembre fueron menores, pero propiciaron un balance para el mantenimiento de la floración, la fructificación y el llenado del grano, complementadas por las lluvias del mes de diciembre ⁽²³⁾.

Este estudio representa el primer reporte en Cuba, obtenido con este grupo de cultivares ENAR de frijol negro, por lo que constituye un resultado inédito para este grupo de cultivares. Por otro lado, los resultados alcanzados por el cultivar (Bat-304) concuerdan con los rendimientos reportados en otros agroecosistemas cubanos ^(15,24–26).

En el presente estudio las cultivares de frijol del grupo ENAR mostraron altos rendimientos, especialmente las ENAR-63 y ENAR-67, que alcanzaron rendimientos promedio cercanos a las 4 t ha⁻¹, esto indica que superaron la media nacional en aproximadamente 3 t ha⁻¹ y en más de 1,5 t ha⁻¹ la cultivar comercial Bat-304.

Los efectos benéficos de los cultivares ENAR en el aumento del rendimiento pudieron deberse a fluctuaciones significativas de las temperaturas medias mensuales, que fueron muy favorables para las diferentes etapas fenológicas del cultivo, como la floración, la fructificación y el llenado del grano ⁽²³⁾. Estos resultados indican que los cultivares ENAR deben proponerse para la diversificación y aumento de la productividad del cultivo en la provincia Sancti Spíritus, porque alrededor del 37 % de la producción de frijol se obtiene en suelos Pardo Sialítico Carbonatado. Resultados positivos en la productividad del frijol con otras variedades y cultivares, fueron reportados anteriormente en otros agroecosistemas cubanos ^(16,19).

Finalmente, los resultados confirman la hipótesis propuesta de que los cultivares del grupo ENAR incrementaron los rendimientos del cultivo, los cuales fueron superiores al cultivar comercial. Por tanto, este estudio demostró el potencial productivo de estos cultivares, que benefician a los

productores del grano del territorio y deben incluirse entre las variedades comerciales del Ministerio de la Agricultura (MINAG).

Los resultados de esta investigación sugieren la continuación de estudios similares en otros agroecosistemas y manejados en las diferentes épocas de siembras establecidas para el cultivo, bajo otros sistemas de producción (orgánica o de bajos insumos químicos).

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos indicaron que los cultivares del grupo ENAR incrementaron los indicadores productivos y el rendimiento, comparado con la variedad comercial.
- Los cultivares ENAR-63 y ENAR-67 fueron más promisorios que los cultivares ENAR-64 y ENAR-68 e incrementaron el rendimiento en 126 %, en comparación con la Bat-304.
- Los hallazgos encontrados en este estudio, demostraron que estas nuevas variedades constituyen un potencial productivo para la producción del grano en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba.

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), por proporcionar los cultivares desinteresadamente; al Proyecto de Innovación Agropecuaria Local (PIAL), en Sancti Spíritus, por el apoyo brindado y a la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) “José Regino Sosa”, por la ayuda y servicios prestados.

BIBLIOGRAFÍA

1. López-Dávila E, Gil-Unday Z, Henderson D, Calero-Hurtado A, Jiménez-Hernández J. Uso de efluente de planta de biogás y microorganismos eficientes como biofertilizantes en plantas de cebolla (*Allium cepa* L., cv. Caribe-71). *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2017;38(4):7–14. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362017000400005&script=sci_arttext&tIng=en
2. Mwale SE, Shimelis H, Mafongoya P, Mashilo J. Breeding tepary bean (*Phaseolus acutifolius*) for drought adaptation: A review. *Plant Breeding* [Internet]. 2020;139(5):821–33. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/pbr.12806>
3. Urwat U, Zargar SM, Manzoor M, Ahmad SM, Ganai NA, Murtaza I, et al. Morphological and biochemical responses of *Phaseolus vulgaris* L. to mineral stress under in vitro conditions. *Vegetos* [Internet]. 2019;32(3):431–8. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42535-019-00051-2>

4. del Socorro Sánchez-Correa M, Valdés-López O. Physiological mechanisms and adaptation strategies in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under P deficiency. In: Legume Nitrogen Fixation in Soils with Low Phosphorus Availability [Internet]. Springer; 2017. p. 207–17. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-55729-8_11
5. Campa A, Murube E, Ferreira JJ. Genetic diversity, population structure, and linkage disequilibrium in a Spanish common bean diversity panel revealed through genotyping-by-sequencing. *Genes* [Internet]. 2018;9(11):518. Available from: <https://www.mdpi.com/2073-4425/9/11/518>
6. Dempewolf H, Baute G, Anderson J, Kilian B, Smith C, Guarino L. Past and future use of wild relatives in crop breeding. *Crop Science* [Internet]. 2017;57(3):1070–82. Available from: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2135/cropsci2016.10.0885>
7. de Figueiredo MA, Boldrin PF, Hart JJ, de Andrade MJ, Guilherme LR, Glahn RP, et al. Zinc and selenium accumulation and their effect on iron bioavailability in common bean seeds. *Plant Physiology and Biochemistry* [Internet]. 2017;111:193–202. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942816304508>
8. Pereira HS, Mota APS, Rodrigues LA, de Souza TLPO, Melo LC. Genetic diversity among common bean cultivars based on agronomic traits and molecular markers and application to recommendation of parent lines. *Euphytica* [Internet]. 2019;215(2):1–16. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-018-2324-y>
9. Castro-Guerrero NA, Isidra-Arellano MC, Mendoza-Cozatl DG, Valdés-López O. Common bean: a legume model on the rise for unraveling responses and adaptations to iron, zinc, and phosphate deficiencies. *Frontiers in plant science* [Internet]. 2016;7:600. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.00600/full>
10. Calero Hurtado A, Pérez Díaz Y, Olivera Viciado D, Quintero Rodríguez E, Peña Calzada K, Theodore Nedd LL, et al. Effect of different application forms of efficient microorganisms on the agricultural productive of two bean cultivars. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* [Internet]. 2019;72(3):8927–35. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472019000308927
11. Dohle S, y Teran JCBM, Egan A, Kisha T, Khoury CK. Wild Beans (*Phaseolus* L.) of North America. In: North American Crop Wild Relatives, Volume 2 [Internet]. Springer; 2019. p. 99–127. Available from: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/100319/Dohle_Beans_2019_3_14.pdf?sequence=1

12. Cortinovis G, Frascarelli G, Di Vittori V, Papa R. Current state and perspectives in population genomics of the common bean. *Plants* [Internet]. 2020;9(3):330. Available from: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/3/330>
13. MINAG. Lista oficial de cultivares comerciales. Registro de variedades comerciales. Dirección de semillas y recursos fitogenéticos [Internet]. 2017. Available from: https://www.minag.gob.cu/sites/default/files/publicaciones/lista_oficial_de_variedades_comerciales_2017-2018.pdf
14. Faure Alvarez B, Bentez González R. Guía técnica para la producción de frijol común y maíz. Instituto de Investigaciones en Granos, Artemisa (Cuba); 2014.
15. Martínez-González L, Maqueira-López L, Nápoles-García MC, Núñez-Vázquez M. Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Biofertilizados. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2017;38(2):113–8. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000200017
16. Calero-Hurtado A, Quintero-Rodríguez E, Olivera-Viciedo D, Pérez-Díaz Y, Castro-Lizazo I, Jiménez J, et al. Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2018;39(3):5–10. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362018000300001&script=sci_arttext&tlng=pt
17. Hernández-Jiménez A, Pérez-Jiménez JM, Bosch-Infante D, Speck NC. La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2019;40(1). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362019000100015&script=sci_arttext&tlng=pt
18. Food and Agriculture Organization of the United Nations. World reference base for soil resources 2014: international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps [Internet]. Rome: FAO; 2014 [cited 27/10/2021]. Available from: <http://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf>
19. Hurtado AC, Castillo Y, Quintero E, Pérez Y, Olivera D. Efecto de cuatro densidades de siembra en el rendimiento agrícola del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias* [Internet]. 2018;7(1):88–100. Available from: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rfc/article/view/67773>
20. Calero-Hurtado A, Perez-Diaz Y, Hurtado YG-P, Olivera-Viciedo D, Pena-Calzada K, Castro-Lizazo I, et al. Complementary application of two bioproducts increasing the productivity on common bean. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2020;41(3):NA-NA. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362020000300007&script=sci_abstract&tlng=en

21. Schoonhoven A van, Corrales P. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. [Internet]. 1987. Available from: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/69558>
22. Team RC. R: A language and environment for statistical computing. 2013; Available from: <http://r.meteo.uni.wroc.pl/web/packages/dplR/vignettes/intro-dplR.pdf>
23. Calero Hurtado A, Pérez Díaz Y, Quintero Rodríguez E, Olivera Viciado D, Peña Calzada K. Effect of the associated application between *Rhizobium leguminosarum* and efficient microorganisms on common bean production. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* [Internet]. 2019;20(2):295–322. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062019000200295
24. López Dávila E, Calero Hurtado A, Gómez León Y, Gil Unday Z, Henderson D, Jimenez J. Efecto agronómico del biosólido en cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*): control biológico de *Rhizoctonia solani*. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2017;38(1):13–23. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362017000100002&script=sci_arttext&tlng=en
25. Quintero Rodríguez E, Calero Hurtado A, Pérez Díaz Y, Enríquez Gómez L. Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. *Centro Agrícola* [Internet]. 2018;45(3):73–80. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000300073
26. Calero Hurtado A, Quintero Rodriguez E, Perez Diaz Y, Jimenez Hernandez J, Castro Lizazo I. Association between AzoFert (R) and efficient microorganism potentiates the growth and productivity of beans. *Revista De La Facultad De Agronomia De La Universidad Del Zulia* [Internet]. 2020;387–409. Available from: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/208815>