



**TÍTULO: INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AZOFERT INOCULANTE A BASE *RHIZOBIUM* EN EL CULTIVO DEL FRÍJOL COMÚN (*PHASEOLUS VULGARIS L.*) VAR. DELICIAS 364 EN FINCA JUAN SÁEZ. MANATÍ.**

**Autoras: EPG: Leydis Hernández Salido.**  
Profe Auxiliar.  
**MSc: Yennys Salido García**

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Leydis Hernández Salido y Yennys Salido García (2019): "Influencia de la aplicación de Azofert inoculante a base *Rhizobium* en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) VAR. Delicias 364 en finca Juan Sáez. Manatí", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (enero 2019). En línea

<https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/01/cultivo-frijol-comun.html>

## RESUMEN

En la provincia de Las Tunas al igual que otras regiones del país, los sistemas de producción agrícola, se ven afectados por la disminución en su productividad, y en varios sistemas agrícolas la simbiosis *Rhizobium* leguminosa es ineficiente siendo una limitante de los resultados productivos. El presente ensayo tuvo como objetivo fundamental evaluar la Influencia de la aplicación del Azofert inoculante a base *Rhizobium* en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) var. Delicias 364 en Manatí, en la zona norte de la provincia de Las Tunas. Los ensayos tuvieron la participación del productor Yoanis Figueiras Garcia asociado a CCSF Valle de Dumañuecos, perteneciente al Proyecto de Innovación Agrícola Local. Se evidenció el efecto de factores climáticos, edáficos y bióticos sobre la nodulación, fijación biológica del nitrógeno y en la productividad del cultivo. La presencia de nódulos en ambos ecosistemas en la variante testigo es indicativo de que en los suelos existen comunidades nativas de rizobios. La interacción leguminosa-*Rhizobium* en la rizosfera y la fijación biológica del nitrógeno. La nodulación del frijol con *Rhizobium* se reduce con la aplicación de altas dosis de fertilizantes nitrogenados. La inoculación con cepas de *Rhizobium* y abastecimiento con fósforo, micorrizas ó nitrógeno (20 kg.ha<sup>-1</sup>) mejora la conducta simbiótica de las cepas introducidas, que se traduce en un mayor peso total de los nódulos indicativos de la actividad fijadora de nitrógeno. La fijación biológica del nitrógeno se tradujo en un mejor crecimiento de las plantas cultivadas, mayor peso de los granos por planta y comportamiento agroproductivo de la variedad Delicias 364 con rendimientos acorde a su potencial en el Municipio Manatí. La tecnología se reconoció como una alternativa que permite disminuir las emisiones derivadas del uso de fertilizantes químicos. Su bajo costo y naturaleza orgánica, sin perjudicar la salud humana, animal y medio ambiental ha permitido que lo conviertan en un producto de interés por los agricultores.

## Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la principal fuente de proteína vegetal de consumo humano en Cuba y en el mundo, se estima que cada persona en el país consume alrededor de 30 kg cada año (SEA, 2001). Durante la década reciente, la cosecha mundial de frijol reporta una ligera tendencia al alza, impulsada por aumentos en la superficie cosechada y en los rendimientos por unidad de superficie. Myanmar, India, Brasil, México, Tanzania, Estados Unidos y China son los principales productores de frijol, y en conjunto aportan el 64.8 por ciento de la oferta global. Su comercio en el mercado internacional es reducido en comparación con otros productos agrícolas y como proporción del consumo global de esta leguminosa, debido a que en general los principales países productores son también los consumidores más importantes (FIRA, 2015).

En Cuba el frijol es el tercer cultivo en importancia por la superficie que ocupa, después del maíz grano y el sorgo grano. El Programa de Desarrollo de granos se aprobó en el año 2012, con el objetivo de satisfacer la canasta básica y el consumo social, lo que repercutiría en disminuir las importaciones que en el año 2006 fueron de 147 000 T de frijol y en el 2009 se gastaron 75 millones de dólares. El Programa se crea en el 2013 y se logran entregar 20 000 T. En el año 2014 se llevaron a cabo cuantiosas inversiones en sistemas de riego, maquinarias equivalentes a más de 35 millones de dólares. Después de cuatro de años en este programa se pretende alcanzar 70 000 T para la canasta básica y el turismo (Puig, 2017).

El cultivo del frijol común está influenciado por un grupo de factores climáticos, edáficos y bióticos entre los cuales pueden producirse complejas interacciones (Corzo *et al.*, 2015). Los efectos del estrés hídrico son directos sobre la nodulación y la fijación biológica del nitrógeno, pues las condiciones de sequía provocan la muerte de las bacterias y la posibilidad de lograr una nodulación apropiada. Otros aspectos importantes son la aireación del suelo, una adecuada rotación y fertilización del cultivo.

La aplicación de labores intensivas al suelo con dosis crecientes de fertilizantes cada vez más sofisticados, han provocado efectos negativos en la fertilidad de los suelos, degradación, biodiversidad, erosión, compactación, salinización, contaminación de suelos y de aguas con la consiguiente disminución de los rendimientos (Barrera, 2010).

Este camino se puede considerar no sostenible desde el punto de vista ecológico, económico y social y resulta en la destrucción de la base productiva para futuras generaciones (Fredirich y Kasam, 2013).

La reducción de la biodiversidad de los suelos y los bajos niveles de materia orgánica lleva a una disminución en la estabilidad de la estructura y de la capacidad biológica, para recuperar sus funciones, resultando en escorrentía y erosión, infestaciones por malezas y plagas, lo que está reflejado en el estado actual de muchos suelos agrícolas del mundo (Montgomery, 2007).

Esta reducción de la biodiversidad edáfica afecta las poblaciones de hongos y bacterias especialmente las bacterias fijadoras de nitrógeno, por ello se recomienda la inoculación con rizobios, una estrategia que asegura la fijación simbiótica de nitrógeno (FSN) y permite ahorrar cada campaña alrededor de 6 millones de USD a partir de cubrir casi el 50 % de todas las áreas que se siembran en Cuba (Gómez y Dueñas, 2006).

En ocasiones debido a algún tipo de antagonismo no especificado la colonización de las raíces por la cepa rizobiana no acontece (Jadhav *et al.*, 1994), el éxito del proceso de nodulación y fijación de nitrógeno depende de la capacidad de supervivencia, competitividad y eficiencia de las cepas rizobianas involucradas. Dentro del suelo, diversos factores como el tipo y la variedad de cepas bacterianas, las propiedades físicas y químicas del suelo, la temperatura, la luz y la interacción con otros microorganismos rizosféricos y el cultivo hospedero (Prevost *et al.*, 2003) también imponen limitaciones al proceso de nodulación y fijación de nitrógeno al afectar la función y el crecimiento de los rizobios, sus pasos iniciales de simbiosis, capacidad de fijar nitrógeno y, por tanto, el vigor de la leguminosa huésped.

Las raíces son el punto de iniciación para la formación de nódulos. Por lo tanto, cualquier estímulo que cause aumento en el crecimiento de las raíces podría resultar en más sitios de colonización de rizobios (Fox *et al.*, 2011). Se ha reconocido que el crecimiento y rendimiento de las leguminosas podría ser mejorado mediante la creación de sitios de infección adicionales mediante la inoculación de Rizobios en combinación con bacterias beneficiosas de rizosfera (Mishra *et al.*, 2011) y hongos micorrizógenos (Zaidi *et al.*, 2003).

En la provincia de Las Tunas al igual que otras regiones del país, los sistemas de producción agrícola, se ven afectados por una merma en su productividad, compensada con más insumos para mantener los niveles de producción, resultando en siempre más efectos colaterales negativos de estos modelos de producción. El cultivo del frijol es viable para la producción

racional y sostenida, con base en la rotación de cultivos, que garantiza la conservación y el mejoramiento del potencial productivo del suelo (Valencia *et al.*, 2008).

En la agricultura moderna es una especie fundamental para la producción en la alimentación de varias especies debido a la buena calidad nutricional y elevado contenido de proteína (Lemos, 2006; Paula, 2007). Sin embargo en la región tunera su distribución es insuficiente con una producción que no alcanza el potencial productivo. En la campaña 2016-2017 se sembraron 787,4 ha distribuidas en los ocho municipios. Los rendimientos alcanzados son de 0,7 t/ha, a pesar de haber existido mayor estabilidad en el suministro de fertilizantes, plaguicidas y otros recursos incluidos en el paquete tecnológico destinado al cultivo de frijoles, a la vez que se reciben nuevos equipos para mecanizar las diferentes labores (Pérez, 2017). Estos recursos se han potenciado a través del Proyecto de Desarrollo Rural Cooperativo de la Región Oriental de Cuba (Prodecor), financiado por el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). Según Del Cristo (2017), coordinador del citado proyecto, entre los medios recibidos se encuentran modernas cosechadoras, tractores, trilladoras y multiarados, parte de los cuales ya están en explotación. Además informó que de aumentar los rendimientos agrícolas y la disponibilidad de granos, equivale a sustituir importaciones, elevar la calidad de vida de los trabajadores y sus familiares en las 37 bases productivas que abarca.

La producción del frijol bajo este proceso tecnológico podría incrementar la producción y sustituir la importación del grano, pero se intensifican las labores mecanizadas y la aplicación de fertilizantes minerales con las consecuencias de degradación de los suelos, contaminación de las aguas y el medio ambiente. En varios sistemas agrícolas la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa es ineficiente siendo una limitante de los resultados productivos, sin que el productor se percate del proceso de nodulación y fijación del nitrógeno. Por lo el problema de nuestra investigación lo constituye

¿Cómo contribuir a incrementar los rendimientos del frijol a partir de la inoculación con Azofert inoculante a base de *Rhizobium* y disminuir la aplicación de fertilizantes minerales?

**Objeto:** productividad del frijol y simbiosis con el *Rhizobium*

**Campo de acción:** Azofert inoculante a base con *Rhizobium*, fertilizantes minerales y micorrizas

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto de la aplicación de Azofert inoculante a base de *Rhizobium* ecosistema agrícola de Manatí en la Provincia de Las Tunas.

Hipótesis: la aplicación del Azofert inoculante a base *Rhizobium* garantiza una eficiente nodulación en el cultivo del frijol y la obtención de rendimientos superiores o similares a los fertilizantes minerales en el cultivo del frijol.

Objetivo específicos:

1. Establecer los principales fundamentos gnoseológicos sobre los que se basa la fijación biológica del nitrógeno como base para la transformación hacia sistemas sostenibles.
2. Evaluar la influencia del *Rhizobium* en la nodulación del frijol en los diferentes ecosistemas agrícolas.
3. Evaluar el desarrollo, estado nutricional y rendimiento del cultivo del frijol en los diferentes ecosistemas agrícolas.
4. Determinar la valoración económica de los tratamientos en los resultados productivos del cultivo.

### **Desarrollo.**

Las condiciones cada vez más complejas de producción debido a la carencia de insumos, y las presiones del ambiente han contribuido a la reducción de las producciones y de la diversidad de este cultivo. El bajo porcentaje de disponibilidad del grano evidencia que ha faltado, a lo largo de los últimos 50 años, una promoción a la diversidad de productos regionales de elevado potencial alimenticio que sirvan de sostén a la población rural y contribuirían a elevar la cultura alimentaria, la biodiversidad de los agroecosistemas y con ello mejorarían las condiciones medioambientales.

A partir del IV Congreso del partido comunista de Cuba en el 2011 se aprobaron los lineamientos de la política económica y social del partido y la revolución. El lineamiento 193-

planteaba asegurar el cumplimiento de los programas de producción de arroz, frijol, maíz, soya y otros granos que garanticen el incremento productivo, para contribuir a la reducción gradual de las importaciones de estos productos.

A partir de esa fecha la producción en Cuba ha ido en ascenso (figura), con rendimientos que alcanzan 1 t.ha<sup>-1</sup>, vinculados a estas producciones 15 773 productores de frijol. De ellos el 50 % alcanzan rendimientos de 0,5 – 1,0 t.ha<sup>-1</sup>, el 40 % de 1,0-1,5 t.ha<sup>-1</sup> y solo el 3 % 2,0-2,5 t.ha<sup>-1</sup> (MINAG, 2016).

Este incremento en los rendimientos se intensifica por la aprobación del Programa de Desarrollo de granos en el año 2012, con el objetivo de satisfacer la canasta básica y el consumo social, lo que repercutiría en disminuir las importaciones que en el año 2006 fueron de 147 000 toneladas de frijol y en el 2009 se gastaron 75 millones de dólares. El Programa se crea en el 2013 y se logran entregar 20000 tn. En el año 2014 se llevaron a cabo cuantiosas inversiones en sistemas de riego, maquinarias equivalentes a más de 35 millones de dólares. Después de cuatro de años en este programa se pretende alcanzar 70 000 tn para la canasta básica y el turismo (Puig, 2017).

Puig, O. 2017. La producción Nacional de arroz y granos. Mesa Redonda informativa 27 de abril del 2017.

Un resumen de la producción nacional antes de esa fecha desde el 2005-2011 indica que en Cuba se sembraron 58 776 ha con una producción de 52,57 MT con un rendimiento promedio de 0,9 t.ha. En ese periodo en la provincia de Las Tunas se sembraron 2 483 ha con una producción de 1.13 MT, con rendimiento promedio de 0.5 t.ha, siendo una de las provincias con más bajos rendimientos, similares resultados alcanzados por Camagüey, Holguín y el M.E. Isla de la Juventud.

Actualmente la producción del frijol en la provincia de Las Tunas ha presentado ligeros incrementos, no obstante aún son insuficientes para garantizar el potencial productivo del cultivo y las necesidades de la población.

En la campaña 2016-2017 se planificó la siembra de 711,6 ha y se sembraron **765,3** (107 % cumplimiento). El comportamiento por municipios (figura) muestra que los municipios de Menéndez (293,1 ha) Jobabo (199,5 ha) y Puerto Padre (125) fueron los de mayor área sembrada.

Sin embargo, la producción del cultivo no está relacionada con las mayores áreas sembradas, pues el municipio de J. Menéndez con la mayor área alcanzó tan solo el 56 % de cumplimiento, sin embargo los municipios de Colombia y Amancio con pequeñas áreas sobre cumplieron los compromisos de producción (figura).

#### **Taxonomía y características de *Rhizobium* spp.**

El género *Rhizobium* spp. pertenece al reino de las Proteobacterias, caracterizado en un grupo extenso y extremadamente complejo. en la actualidad contiene más de 1300 especies en 332 géneros. Dentro de ello *Rhizobium*, incluido en el orden Rhizobiales, pertenece a la subdivisión  $\alpha$ -Proteobacterias los cuales se caracterizan por fijar nitrógeno atmosférico y como consecuencia de esto, permite asociarse simbióticamente con las plantas, específicamente aquellas perteneciente al grupo de las leguminosas (Rojas, 2008). Los miembros del género *Rhizobium* son bacilos móviles gram negativo con un tamaño aproximado de 0.5 a 0.9 por 1.2 a 3.0  $\mu$ m, y a menudo contiene gránulos de  $\beta$ -hidroxibutirato y son pleomorfos en situaciones adversas. es considerado un miembro prominente de la comunidad de la rizósfera (Weir, 2009).

Estas bacterias pueden también establecer una asociación simbiótica con las leguminosas y fijar nitrógeno para que la planta lo utilice. *Rhizobium* infecta y forma nódulos en hospedantes específicos, porque la bacteria contiene un plásmido grande que codifica la información que no se utiliza cuando crece en el suelo como organismo de vida libre, pero por otra parte es vital para infectar a la planta hospedante susceptible. Por eso en la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa, resulta una interacción muy específica entre la bacteria y la planta (Granada, 2010).

La formación del nódulo es un proceso inducido por un intercambio de señales entre los dos participantes de la interacción; sustancias con efecto nitrógeno (factores de nodulación) son sintetizados por los genes de nodulación del microsimbionte (genes nod), en respuesta a la excreción por la planta de sustancias de tipo flavonoide. Los genes codificados por plásmidos influyen también en la variedad de plantas huéspedes en las que *Rhizobium* spp. Puede formar nódulos (Colás 2014).

Se han descrito dos tipos de nódulos en las leguminosas, nódulos determinados e indeterminados, que se forman dependiendo de la planta hospedadora, los cuales se diferencian por su morfología, estructura, desarrollo del cordón de infección, presencia o no de meristemo apical y por el tipo de metabolitos nitrogenados que exportan. Los nódulos indeterminados se caracterizan por tener un meristemo persistente, se originan a partir de primordios establecidos en el córtex interno y son alargados, mientras que los determinados se inician en el córtex externo y son esféricos (Tipán, 2014)

La investigación se condujo en el municipio Manatí, representativos del cultivo del frijol en la Provincia de Las Tunas (tabla 1) en el periodo comprendido de noviembre del 2016 a febrero del 2017.

El trabajo corresponde a las acciones que realiza el proyecto de Innovación Agrícola Local (PIAL) con el objetivo de lograr la participación de los productores en las actividades de investigación participativa y la implementación de prácticas agroecológicas que minimicen el impacto de la utilización de los fertilizantes químicos en el suelo y el ambiente. Se realizaron debates, talleres de capacitación, con el objetivo de concientizar a los productores en la necesidad de incrementar los rendimientos del frijol con la utilización de bacterias del género *rhizobium* y proporcionar condiciones óptimas para lograr una simbiosis exitosa y la fijación de nitrógeno. Se seleccionaron los tratamientos en mutuo acuerdo con los agricultores.

El suelo presenta contenidos medios de materia orgánica, debido a la aplicación de materiales orgánicos, los niveles de fósforo son bajos y medios de potasio. El pH es medianamente alcalino, con un alto contenido en bases cambiables con predominio del calcio entre los cationes.

Se utilizó un diseño en bloques al azar. Cada bloque representó una repetición completa de todos los tratamientos.

Tratamientos utilizados en el Municipio Manatí

1. Testigo (no se le aplicó ningún tipo de fertilización)
2. Fertilizante mineral (NPK)
3. Fertilización nitrogenada
4. *Rhizobium* + N
5. *Rhizobium* + PK

En la fertilización mineral (NPK), se aplicó una dosis de 600 kg.ha<sup>-1</sup> de fórmula completa 9-13-18, teniendo en cuenta los bajos contenidos de fosforo, esta aplicación garantizó 60 kg.ha<sup>-1</sup>N, 80 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 110 kg.ha<sup>-1</sup> de K en el momento de la siembra. En el tratamiento de fertilización nitrogenada solo se aplicó urea a una dosis de 215 kg.ha<sup>-1</sup> de manera fraccionada en siembra y en el momento de la floración. En el tratamiento de *rhizobium* y nitrógeno se aplicó una dosis de 20 kg.ha<sup>-1</sup> de N en el momento de la siembra en forma de urea y en el tratamiento de *rhizobium* y fósforo y potasio se aplicó el superfosfato simple y el cloruro de potasio con dosis de 400 kg.ha<sup>-1</sup> y 160 kg.ha<sup>-1</sup> respectivamente. El *rhizobium* se aplicó por el método de pelitización de la semilla 2 horas antes de la siembra. La Cepa utilizada de *Rhizobium sp.* 24 x 10<sup>6</sup> ufc.mL (ufc = unidades formadoras de colonias). La dosis aplicada en el experimento fue de una proporción de 200 ml en 46 kg de semilla

#### **Condiciones de campo**

Municipio Manatí:

Se seleccionaron 25 plantas por tratamiento a las cuales se les midió a los 60 días después de la siembra (Fase de formación de vainas)

1. Altura
2. Peso fresco y seco de la parte aérea
3. Peso fresco y seco raíz
4. Numero de vainas
5. Peso fresco y seco de los nódulos
6. Largo de la raíz (cm)

En la fase de cosecha se evaluó

1. Número de vainas por plantas.
2. Número de granos por planta.
3. Peso de los granos por planta
4. Peso de 100 semillas (g).

## 5. Rendimiento t.ha

### Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el uso del paquete SPSS versión 15.0 para Windows. Se determinaron los principales estadígrafos (media aritmética, error estándar de la media y coeficiente de variación). La prueba de normalidad de las distribuciones de medias se realizó según Shapiro Wilks. Los datos que no mostraron una distribución normal se transformaron según  $\sqrt{x}$ . Los datos se procesaron por el análisis de varianza (ANOVA). Las medias fueron separadas por la prueba de Tukey para  $p < 0,05$ .

### Valoración Económica

El cálculo de los resultados económicos se realizó atendiendo al rendimiento obtenido. Se determinó el valor de la producción en pesos (moneda nacional), a partir de que el precio de 1 t de frijol es de 76,0 pesos.

El costo de la producción (pesos): Es el total de gastos en la producción que incluye: las labores realizadas en la preparación de suelos, labores de cultivo, mano de obra, combustible, aplicación de fertilizantes, semillas e insumos.

*Ganancia = Valor de la producción – Costo de producción*

$$\text{Costo por peso de producción: } \frac{\text{Costo de la producción}}{\text{Valor de la producción}} \quad (25)$$

(24)

## RESULTADOS Y DISCUSION.

Las variables altura y largo de la raíz (figura) evaluadas en la etapa de floración no presentaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, se observan valores que corresponde con los señalado por MINAG (2012) para este tipo de variedad, teniendo en cuenta su hábito de crecimiento tipo III (indeterminados arbustivos).

### **Figura Valores de altura y largo de la raíz en la fase de floración**

En los parámetros peso fresco y seco de la planta y la raíz (figura ) se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos inoculados R+ PK y R+ N con los mayores valores respecto al testigo aunque no difieren de los tratamientos con Nitrógeno y NPK. Los tratamientos inoculados con cepas eficientes de rizobios pueden mejorar el crecimiento de las leguminosas (Mehboob *et al.*, 2009) formando nódulos en las raíces y produciendo amoníaco, reduciendo así el nitrógeno atmosférico. El aprovechamiento al máximo del beneficio que provoca el proceso de FSN depende en gran medida de la disponibilidad de P en el suelo, pues se conoce que las leguminosas en simbiosis requieren más fósforo mineral que las que asimilan el nitrógeno en forma de nitratos (Israel, 1987, Drevon, 1995; Al-Niemi *et al.*, 1997).  
Bibliografía en Amalia

En el número de vainas no existieron diferencias significativas entre los tratamientos. Resultados similares fueron obtenidos por Domínguez *et al* (2016) al estudiar indicadores productivos de cultivares de frijol común en condiciones de secano.

La efectividad del *Rhizobium* en el peso fresco y seco de los nódulos mostró diferencias significativas entre tratamientos, se observó muy baja o casi nula nodulación y efectividad en el tratamiento testigo, lo que podría estar relacionado que a pesar de que *Rhizobium* es un habitante común en los suelos agrícolas, frecuentemente su población es insuficiente para alcanzar una relación benéfica con la leguminosa, o bien cuando los rhizobios nativos no fijan cantidades suficientes de N<sub>2</sub> para las leguminosas (**Sánchez-Yáñez,** ).

En el tratamiento con altas dosis de nitrógeno, pudo existir un efecto inhibitorio sobre la simbiosis desde la infección y fijación del nitrógeno (Fernández, 2003). Según Novo (2002) altas dosis de nitrógeno afectan el peso seco de los nódulos y el número de nódulos. Sin embargo dosis moderadas o pequeñas de N influyen positivamente sobre la nodulación y la FBN y esto se corrobora con la alta efectividad de nodulación en el tratamiento con *Rhizobium* y pequeñas dosis de nitrógeno. Los resultados alcanzados en este tratamiento no difieren de los obtenidos con la aplicación del *Rhizobium* con fósforo y potasio. En ambos tratamientos la nodulación fue efectiva alcanzando los mayores valores de peso fresco y seco de los nódulos. Se puede

afirmar que la simbiosis funciona en términos de fijar nitrógeno, cuando hay identificación positiva entre la cepa de *Rhizobium* y el cultivar de frijol que se inocula.

De manera general en todos los tratamientos, estuvo presente la bacteria lo que significa que en el suelo existe una alta variabilidad de géneros bacterianos. Incluso la pobre nodulación en los tratamientos no inoculados pudiera explicarse además por el hecho que puedan existir varias especies del género *Rhizobium* en el mismo nicho de colonización y llevarse a cabo diferentes procesos de reconocimiento de las señales moleculares que excreta la bacteria (genes *Nod*-) por la planta y de este modo realizarse un proceso inespecífico, lo cual trae como consecuencia la competencia de las especies por la formación de nódulos, viéndose afectada la fijación de N y la eficiencia de este proceso. (Mulder *et al.*, 2005). Por otra parte la alta efectividad de la simbiosis *Rhizobium*-frijol se en los tratamientos inoculados se debe a la alta interacción específica planta-bacteria (Ver Anexos)

En la tabla se muestra los resultados obtenidos en las variables productivas del cultivo. En el número de granos y vainas por planta no existieron diferencias entre los tratamientos excepto con el testigo con los menores valores. Aun cuando el número de vainas por planta es una característica ligada al gen y depende del cultivar que se está utilizando se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, esto difiere de los resultados obtenidos por Ferreira, *et al.* (2000) quienes no observaron diferencias estadísticas significativas para el número de vainas por planta, en la variedad IAC Carioca inoculada con cinco diferentes cepas de *Rhizobium tropici*, pero coincide con los resultados de **Miyadi y López (2013)** con un mayor efecto de la biofertilización combinada de *Rhizobium* y solubilizador de fósforo.

Sin embargo en el peso de los granos por planta, no existen diferencias significativas entre los tratamientos con NPK, *Rhizobium*+ PK y *Rhizobium* + N, pero si con el testigo. Molinet *et al.* (2014), en estudios de doce variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelo sialítico de la provincia Granma, la variedad Delicias 364 obtuvo similar comportamiento en los rendimientos, número de vainas y número de granos por planta a los obtenidos en la variante testigo en esta investigación. Salido y Batista (2013) reportaron rendimientos de 2,17 t.ha<sup>-1</sup> al aplicar *Rhizobium* en suelos pardos ocrícos del municipio manatí.

El peso de 100 semillas mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, y los valores oscilaron entre 19,4 g y 21,03 g, estos resultados no coinciden con los encontrados por Pelegrin *et al.* (2009) al no obtener diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con diferentes niveles de fertilización inorgánica combinados con inoculación de cepas de *Rhizobium*, *no obstante* los valores obtenidos coinciden con los reportados para esta variedad, de 20 gr ((MINAG, 2012)

El tratamiento de R + PK no difiere de los resultados alcanzados con la fertilización mineral y el tratamiento R + N con incremento de rendimiento del 43 % respecto al testigo. Este resultado muestra la importancia de la fijación simbiótica del nitrógeno (FSN), pues entre las causas identificadas que afectan los rendimientos del cultivo se pueden citar sin dudas los bajos niveles de FSN que se alcanzan en las parcelas de los agricultores, entre otros factores por el manejo, los requerimientos hídricos y la baja disponibilidad del fósforo. Este resultado confirma que cuando se utilizan cepas de *Rhizobium* infectivas y eficientes en el cultivo del frijol, se puede satisfacer las necesidades de nitrógeno. La simbiosis *Rhizobium* leguminosa es altamente sensible a la carencia de fósforo pues este elemento forma parte de las moléculas del ATP, responsables de la liberación e intercambio de energía, además de su consumo para la formación de los tejidos nodulares, por ello la aplicación del fósforo y potasio alcanzó no solo los mayores rendimientos sino además el mayor peso fresco y seco de los nódulos, así como alta efectividad. Resultados obtenidos por Mays (2011) la utilización de fósforo en dosis (40-80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) incrementó la nodulación (número, peso seco total e individual de nódulos) y favoreció la aparición de nódulos rojos; así mismo, acrecentó el peso de la materia seca, la altura, el número de hojas y la concentración de nitrógeno del vástago en dos tipos de cepas (efectividad similar).

Fujita *et al.* (2003) han señalado algunas consecuencias de la deficiencia de fósforo, entre estas están: reducción del pool de fósforo residual y de la tasa fotosintética, restricción de la división, elongación y expansión celular en los ápices meristemáticos y alteración de las relaciones hídricas y de la conductancia estomática. De tal manera que una deficiencia del elemento se manifiesta finalmente en una reducción del crecimiento. Además se ha encontrado



en *Vigna aconitifolia* cv. Mash-88, *Vignaradiata* cv. Moong-6601 y *Glycine max* cv. Tamahomare, retardo del inicio de la formación de las vainas (Chaudhary *et al.*, 2008), en *Vicia faba* cv. Minor, *Medicago polymorph* y *Arachis hypogaea*, reducción del número y peso de las vainas por planta, y de la producción y peso de las semillas (Muir *et al.*, 2001; Munir and Abdel-Rahman, 2002; Hossain *et al.*, 2007). La adición de fósforo a suelos deficientes estimula el crecimiento radicular y fortalece el vástago, lo cual avala lo observado en el tratamiento con *Rhizobium* y una dosis de 80 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Según García *et al.* (1996) en el suelo de bajo contenido de P disponible, el análisis de varianza efectuado demostró que la adición de fósforo incrementó de manera significativa la materia seca y las extracciones de N y P realizadas por el cultivo, lo cual coincide con los resultados de nuestro trabajo.

El rendimiento obtenido se puede relacionar fundamentalmente al incremento de los granos/planta y al número de vainas por planta, pues estas variables presentan una correlación de 0,93 y 0,83 respectivamente, con el rendimiento.

#### Valoración económica

La evaluación económica de la producción de frijoles en los diferentes tratamientos se observan en la (Tabla). Se obtienen mayores ganancias en el tratamiento de rhizobium y P+ K, seguido del R + N, fertilización mineral, urea y testigo con las menores ganancias.

### CONCLUSIONES

La inoculación con cepas de *Rhizobium* y abastecimiento con 80 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> ó nitrógeno (20 kg.ha<sup>-1</sup>) mejora la conducta simbiótica de la cepa introducida, que se traduce en un mayor peso total de los nódulos indicativos de la actividad fijadora de nitrógeno.

La fijación biológica del nitrógeno se tradujo en un mejor crecimiento de las plantas cultivadas, mayor peso de los granos por planta y rendimiento, sin diferir de la fertilización mineral.

El comportamiento agroproductivo de la variedad Delicias 364 mostró rendimientos acorde a su potencial, con ganancias que permiten la sostenibilidad del cultivo.

### BIBLIOGRAFÍAS

Altieri, M. (2003): Una respuesta agroecológica al tema del desarrollo rural, en: <http://www.agriculturaorganica.org/>. Consultado: [abril 2012].

Almekinders, C. The importance of the informal seed sector and its relations with the legislative framework. En: Paper presented at GTZ (2000, Jul. 4-5: Eschborn), 2000.

Bellon, M.R; Aguirre, J.A.; Smale, M.; Berthaud, J.; Rosas, M; Martínez, R. Intervenciones participativas para la conservación del frijol en finca en los Valles Centrales de Oaxaca, México. En: Memorias de la Conferencia Internacional sobre: Futuras Estrategias para Implementar Mejoramiento Participativo en los Cultivos de las Zonas Altas en la Región Andina, (2011, septiembre: Quito), 200 p.

.Bunch, R. (2000): El uso de los abonos verdes/cultivos de cobertura alrededor del mundo. Boletín "Cosecha" No, 2, Tegucigalpa

Cabrera M., Kissel D.: Vigil, J (2005): Nitrogen mineralization from organic residues. Journal of Environmental Quality. Vol. 34 (1), pp.75-79, In: Madison, USA: American Society of Agronomy.

Cantarella, H.; RAIJ, B. van. (2001): Adubação nitrogenada no Estado de Sao Paulo.

Castillo A. Stalín Arévalos Noboa. (2007): Efectos de la fertilización orgánica e inorgánica en el rendimiento de grano en el cultivo de frijol. <http://dspace.utb.edu.ec/xmlui/handle/123456789/346>.



Chen KY, Tanksley SD. 2004. High-resolution mapping and functional analysis of se2.1: a major stigma exertion quantitative trait locus associated with the evolution from allogamy to autogamy in the genus *Lycopersicon*. *Genetics* 168(3).

FAO, 2008. Comité de problemas de productos básicos 2008. Disponible en: <http://www.fao.org>. [Consulta: mayo 15 de 2015].