

Nota técnica

VALIDACIÓN PARTICIPATIVA DEL INOCULANTE NITRONAT EN EL CULTIVO DE FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris* L), LA TRINIDAD, ESTELÍ.

Castro-Brenes Justo¹; Tórrez-Tórrez Virgilio²

Palabras claves: *Rhizobium*, nitrógeno, leguminosa, rendimiento.

Proyecto interinstitucional³ “Fortalecimiento del sistema de certificación de servicios acreditados e implementación de MSF, calidad e inocuidad de productos agrícolas (MOTSSA)”

RESUMEN

Se realizó una validación participativa del inoculante NITRONAT elaborado con cepas de *Rhizobium*, en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), para comprobar si se reducen los costos de producción, se aumentan los rendimientos y se obtienen granos de calidad. Se seleccionaron nueve sitios donde se establecieron dos parcelas de 0,35 ha (0,5 mz) por sitio, una parcela testigo y la otra inoculada durante el ciclo de postrera del 2011, se registraron rendimientos por parcela y costos de producción. Los resultados mostraron respuesta del frijol a la inoculación con NITRONAT y/o fertilizantes en cuanto a rendimiento y este varió de un sitio a otro. El 67% de los casos del análisis económico, determinó que inoculando se reducen los costos de producción.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), es un cultivo importante para la alimentación humana por su alto contenido de proteína (22%), carbohidratos, vitaminas y minerales. La producción se efectúa en condiciones de secano, en todas las regiones del país en alturas que varían entre 50 a 800 msnm y bajo condiciones variables de temperatura y precipitación (INTA, 2009).

El 95% de la siembra la realizan pequeños y medianos productores, el área de siembra a nivel nacional ha variado entre 210 y 280 mil hectáreas (300 a 400 mil mz). Los rendimientos son inestables, dependen de las condiciones climáticas y fuentes de financiamiento; en los últimos 10 años el rendimiento promedio nacional incrementó de 638 kg/ha a 830 kg/ha (10 a 13 qq/mz) (INTA, 2009).

Son muchos los factores que inciden en la baja producción, algunos como la disponibilidad de semilla de calidad, altos precios de insumos, falta de financiamiento y el acceso a tecnología para mejorar los rendimientos, son los de mayor relevancia (INTA, 2009).

1 Consultor IICA, proyecto MOTSSA

2 Técnico de CECOOPSEMEIN R.L., autor para correspondencia, virgilio_torrez@yahoo.com

3 Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Ministerio de Fomento Industria y Comercio (MIFIC), Universidad Nacional Agraria (UNA).

Las leguminosas son de importancia decisiva para el equilibrio de la naturaleza por el hecho de convertir el nitrógeno gaseoso del aire en amonio, una forma soluble de nitrógeno, el cual pueden aprovechar las plantas. Hoy en día, las leguminosas aportan a los suelos mayor cantidad de nitrógeno que los fertilizantes minerales (Binder, 1997).

Uno de los puntos mas importantes dentro de la fijación biológica del nitrógeno es la simbiosis entre la leguminosa y bacterias del genero *Rhizobium*, en donde muchos investigadores se han enfocado (Chavarría *et al.*, 1996; Vásquez, 1996; Grageda *et al.*, 2003). Sin embargo, el frijol común en la mayoría de las condiciones es incapaz de satisfacer sus requerimientos de nitrógeno por medio del proceso de fijación; por ello, muchas veces se le ha considerado como muy pobre en su habilidad para fijar nitrógeno atmosférico (Urbina y Cáceres, 2004).

Rosas y Robleto (1990), consideran que el aumento de la capacidad de fijación de nitrógeno en frijol común representa una solución a la limitante del incremento de la producción, debido a que la mayoría de los suelos dedicados a este cultivo presentan deficiencia en nitrógeno y su contribución es mínima. La inoculación con cepas efectivas de *Rhizobium* vendrían a aportar beneficios directos e indirectos en la producción (FAO, 1995).

Sin embargo, se señala que los factores ambientales y fisiológicos relacionados con la planta y la bacteria, juegan un papel importante en el éxito de un inoculante (Graham *et al.*, 1981; Graham, 1990; Ferrera *et al.*, 1990; Trujillo, 1990).

En la zona seca del municipio de La Trinidad el frijol es cultivado por pequeños y medianos productores. La producción esta destinada principalmente a la venta en el mercado local y otra proporción se destina para autoconsumo. En este municipio no existen antecedentes de evaluaciones de inoculantes comerciales a base de *Rhizobium* en fríjol.

Las irregularidades en las lluvias, uso de semilla de mala calidad, ataque de plagas y enfermedades, falta de fertilización y mal uso de plaguicidas tóxicos, son problemas en el cultivo del fríjol que han repercutido principalmente sobre los rendimientos y calidad del grano en este territorio. La zona seca presenta condiciones favorables para el desarrollo del cultivo, tales como temperatura, precipitación pluvial cuando los inviernos son estables, suelos, caminos accesibles y experiencia empírica de los productores, además que genera ingresos y ofrece empleo a los pobladores.

Algunas iniciativas (ACORDAR/CECOOPSEMEIN en alianza con UPANIC), han promovido y facilitado la validación y transferencia de tecnología, con el fin de contribuir al incremento de la producción y productividad del cultivo del frijol, una de estas tecnologías fue el uso de inoculante. Por tal razón, en este documento se sintetiza la experiencia para lograr la adopción de la tecnología y contribuir al desarrollo sostenible del municipio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona en estudio

El municipio de La Trinidad se localiza en las coordenadas geográficas 12°57'39" latitud norte y 86°14'04" longitud oeste, con altitud de 601 msnm. La precipitación media anual para esta zona varía entre 800 a 2000 mm, la temperatura media anual de 24 °C y la humedad relativa del 85% (INETER, 2010). La clasificación ecológica basada en las zonas de vida según Holdridge (1987), pertenece a un bosque seco tropical.

La Trinidad se divide en 12 micro-regiones que agrupan comarcas y caseríos. Los ensayos se establecieron en las micro-regiones 1 y 4 donde se ubican las comunidades San Lorenzo y Las Gavetas, Las Lomas y Rosario Arriba, respectivamente. Las fincas seleccionadas presentan suelos con pendiente ligera, de textura franco, franco limoso y franco arenoso, con pH de 6 a 6.5 en agua.

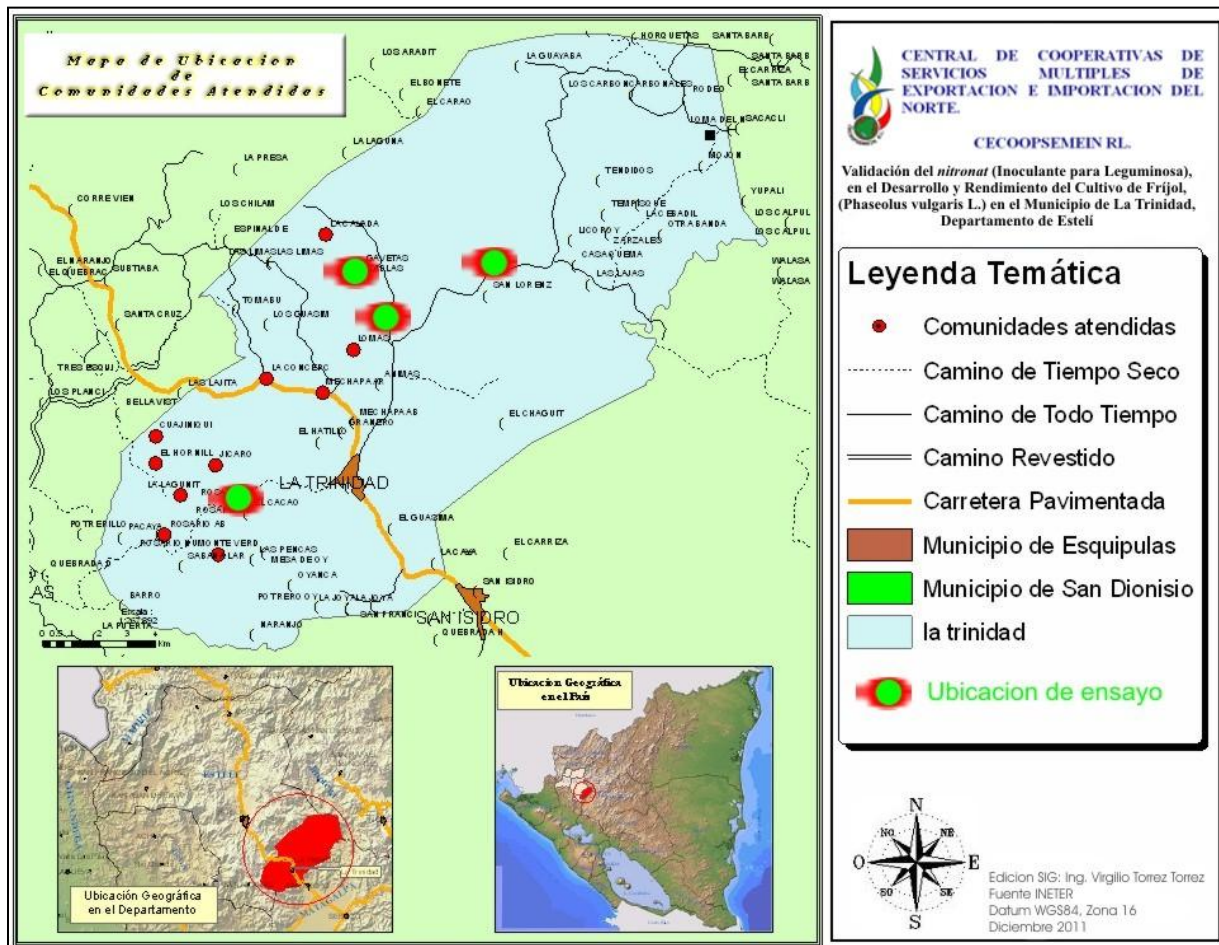


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de La Trinidad, Estelí.

Los ensayos iniciaron a finales del mes de agosto del 2011 y finalizó en el mes de noviembre del mismo año, teniendo una duración de cuatro meses, en época de postrera.

Para aprovechar el área de siembra con frijol de cada productor se establecieron parcelas de media manzana (3513 m²) con los tratamientos a como se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados por parcela de 3513 m² (1/2 mz)

Código	Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis (Proporción)
A	NITRONAT	Rhizobium	400 gr en 80 lbs de semilla
B	Sin Tratamiento	N/A	N/A

En el siguiente cuadro se detalla el número de fincas con sus códigos, en cada finca se estableció dos parcelas una con el inoculante Nitronat (parcela A) y otra testigo (parcela B).

Cuadro 2: Número de fincas y códigos utilizados

No. Fincas	ID	Comunidad	Nombres y Apellidos
1	1863	Rosario Arriba	Magdaleno Pauth Rodas
2	1867	Rosario Arriba	Felicito Rivera
3	1756	Las Gavetas	Marco Aurelio García Rugama
4	5535	San Lorenzo	José Benito Albuquerque Blandón
5	1783	San Lorenzo	José Daniel herrera lanzas
6	1797	San Lorenzo	Jairo Herrera Cruz
7	1503	San Lorenzo	José Luis Castillo
8	1771	Las Lomas	Wester Dávila reyes
9	1850	Rosario Abajo	Isidro Dávila moreno

Manejo del ensayo

La preparación de suelo consistió en un pase de arado con bueyes y luego la siembra directa del frijol utilizando la técnica al chorrillo ralo.

En el tratamiento A se utilizó el inoculante NITRONAT a razón de 200 g. en 40 libras de semilla; previamente se realizó una solución con la turba (200 g.) en 0.50 litros de agua (agua de lluvia) + 3 cucharadas de aceite (como adherente); esta solución se mezcló con la semilla certificada variedad INTA Rojo luego se procedió a sembrar. El tratamiento B no tuvo preparación de la semilla, ya que se consideró como testigo utilizando siempre la variedad INTA Rojo.

En el tratamiento B se realizaron aplicaciones de insecticidas, fungicidas y fertilización vía foliar a los 15 y 30 días después de siembra. Para el control de malezas pre y post emergente se utilizó Glyphosato, Flex y Fusilade en **anexo** se presentan los productos utilizados.

Se realizó una fertilización edáfica con la formula completa 12-24-12 a razón de 2 quintales por manzana en el tratamiento B.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas de acuerdo al efecto de la aplicación del inoculante, versus la parcela testigo manejada como un sistema de producción semi tecnificado; fueron las siguientes:

Variables de crecimiento

Nodulación: Se determinó a los 25 días después de germinado el frijol, realizando conteos del número de nódulos con presencia de una coloración rosa o rojiza en las raíces en 10 plantas muestreadas de cada parcela.

Para aprovechar la extracción de la planta y comparar el crecimiento de esta, se evaluaron las siguientes variables.

Profundidad de raíz: Se determinó a los 25 días después de germinado el frijol, realizando mediciones con cinta métrica en 10 plantas muestreadas de la parcela útil.

Altura de la planta: Se determinó a los 35 días después de germinado el frijol, realizando mediciones con cinta métrica en 10 plantas muestreadas desde la base del tallo al ápice de la planta en cada parcela.

Componente de rendimiento

Número de vainas por planta: se determinó realizando conteos de vainas por plantas, en 5 plantas elegidas al azar en las parcela.

Número de granos por vainas: se determinó realizando conteos de granos por vainas elegidas al azar en las parcela.

Número de quintales comerciales por manzanas: el volumen se registró pesando los granos cosechados en quintales producidos por área, esta variable se midió al momento de la cosecha y se registró la información en las hojas de cosecha.

Por no contar con balanza no se determinó el peso de 100 granos.

Variables económicas

En cada parcela de siembra por productor se realizó un análisis económico, para conocer la rentabilidad del uso del inoculante, para ello se calculó el total de egresos, total de ingresos brutos, utilidad neta y la relación beneficio/costo.

Análisis de la información

El análisis estadístico de la información se basó en análisis de varianza y separaciones de media utilizando el estadístico Tukey, a través del programa estadístico SPSS. Estos análisis se utilizaron para las variables de crecimiento y componentes del rendimiento. Para el caso de las variables económicas, se determinó mediante formulas matemáticas y luego con estadística descriptiva se comparó las parcelas con o sin inoculante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

En los ensayos se midió la altura de planta en las parcelas de cada tratamiento, para lo cual se seleccionaron 10 planta los cuales fueron analizados considerando la media poblacional, en esta caso la parcela que obtuvo la mayor altura fue el tratamiento A parcela 1 código 1863 (50 cm), y la menor altura lo obtuvo el tratamiento B parcela 8 código 1771 (14.5 cm).

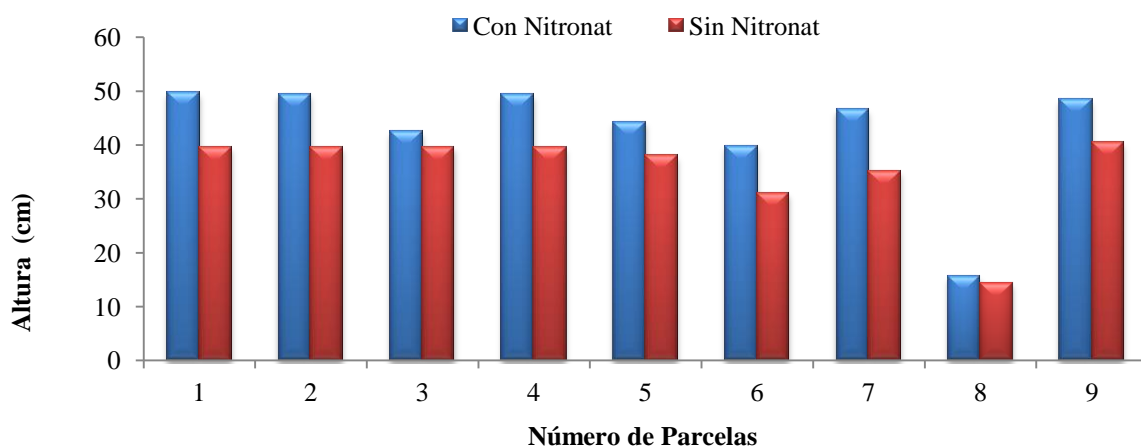


Figura 2. Altura de plantas registradas por parcela

Nodulación producida por la inyección del inoculante *Rizobium* ssp.

Los datos se obtuvieron en la etapa de prefloración, debido a que las plantas especialmente las leguminosas alcanzan los niveles máximos en número y masa de nódulos, tomándose en cuenta los nódulos de color rosa. Este color es causado por la presencia de la hemoglobina, un metabólico único de este tipo de simbiosis.

El análisis de los datos no mostró diferencias significativas, muestran que el tratamiento A con NITRONAT presentó mayor cantidad de nódulos con una diferencia 2.36 nódulos por plantas y una media 9.18 nódulos por plantas. Es importante señalar que la falta de efecto del tratamiento se debe a la afectación de fuertes lluvias en el desarrollo del cultivo en la etapa temprana, donde ocurrieron inundaciones especialmente las parcelas 7 y 9, los datos que se reflejan a continuación presentan los resultados de los nódulos obtenidos por cada parcela y tratamiento.

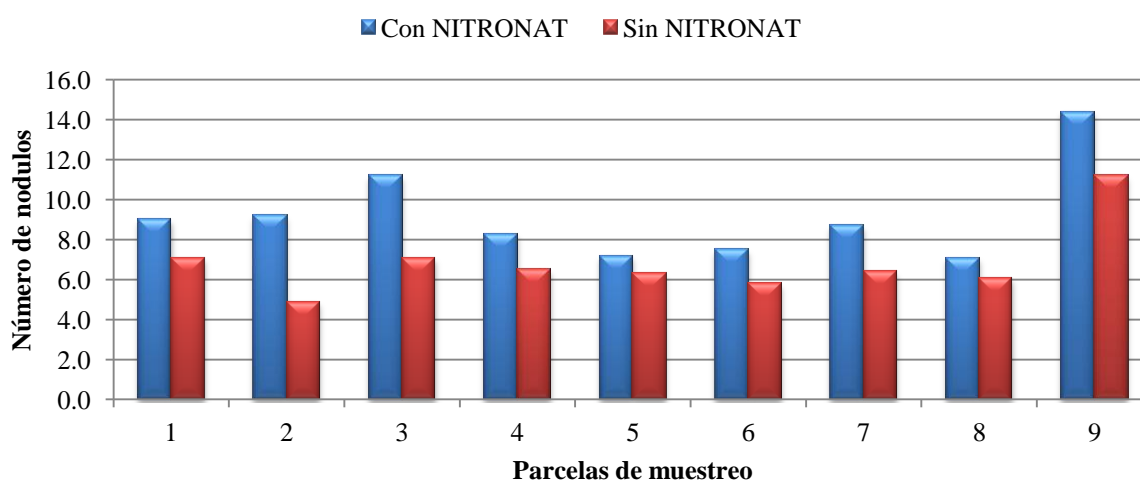


Figura 3. Nodulaciones encontradas en plantas por parcela y tratamiento.

Desarrollo radicular

El análisis de los datos mostró diferencias significativas ($p < 0,5$), las medias obtenidas del análisis muestran que el tratamiento con mayor profundidad radicular por plantas donde se aplicó NITRONAT equivalente a 19.93 cm y el testigo con 16.93 cm, con una diferencia de 3,40 cm.

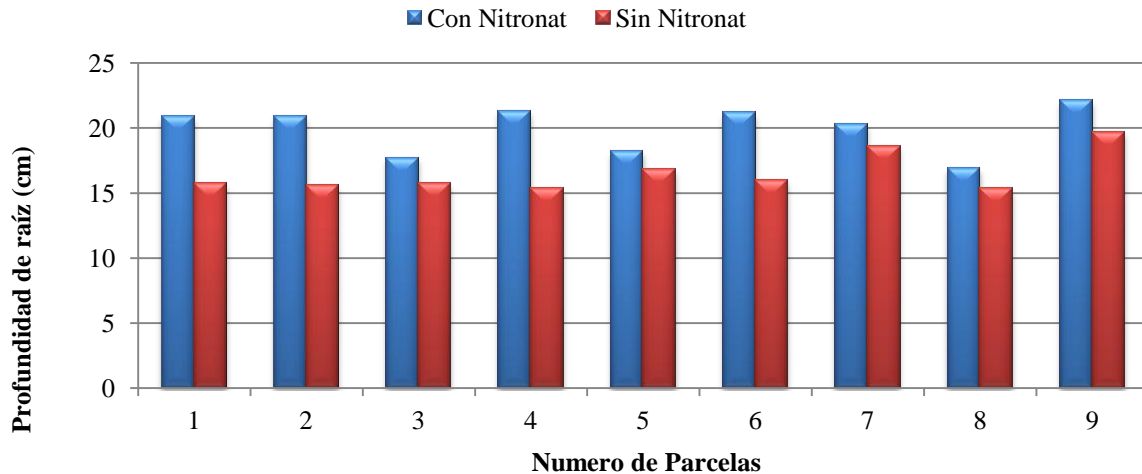


Figura 4. Longitud de raíz principal por parcela y tratamiento

Número de vainas por planta

Se consideran vainas por planta a la cantidad de vainas que produce una planta (Parsons, 1981). El número de vainas por planta es un carácter de tipo discontinuo, ya que sus valores pueden ser expresados en números enteros (White, 1985).

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas. Las medias obtenidas del análisis muestran que el tratamiento con mayor número de vainas promedio por plantas fue el que se aplicó NITRONAT equivalente a 15.4 vainas en relación al testigo con 12.81 vainas, con una diferencia de 2,59 vainas.

Cabe mencionar que las parcelas 7 y 9, no se registran datos, debido a que se vieron afectadas por efectos climatológicos (inundación de las parcelas por el río de La Trinidad), las cuales no se reportaron.

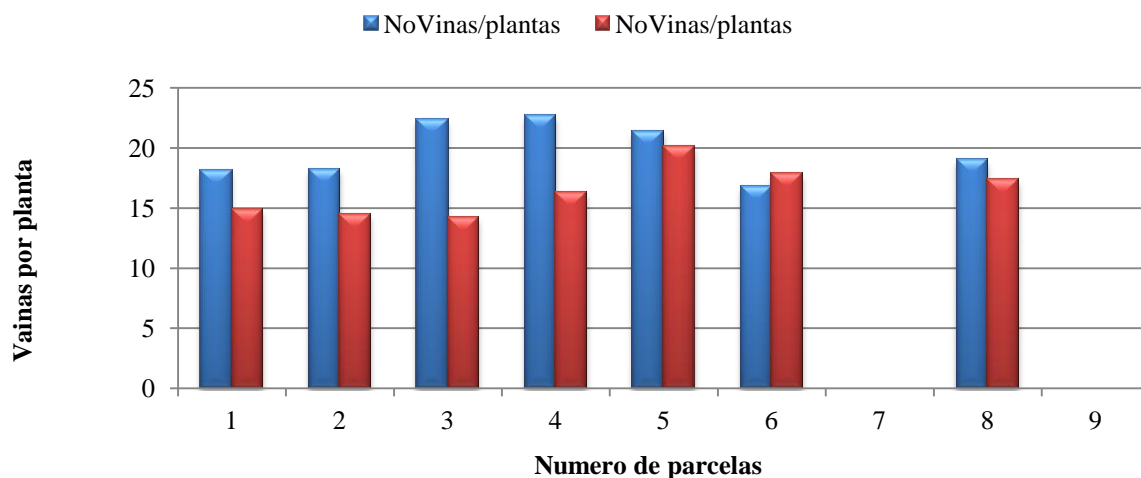


Figura 5. Vainas presentes en planta por tratamiento

Número de granos por vainas

Según Pearsons (1981), granos por vaina, es el número de granos contenidos en la vaina. El número de granos por vaina en una planta es una característica genética propia de cada variedad que se altera poco con las condiciones ambientales (Mezquita, 1973 y Artola, 1990), donde el número de granos por vaina pueden estar asociados con el rendimiento.

De los datos obtenidos se muestra una diferencia numérica de 0.28 granos por vainas en el tratamiento con NITRONAT, superando este al tratamiento testigo, lo cual puede incidir en el rendimiento, ya que a mayor granos por vainas, más rendimiento. Cabe mencionar que se descartaron dos parcelas (parcela 7 y 9, códigos 1503 y 1850 respectivamente), el promedio máximo lo obtuvo el tratamiento A con NITRONAT de 6.31 granos por planta en la parcela número 5.

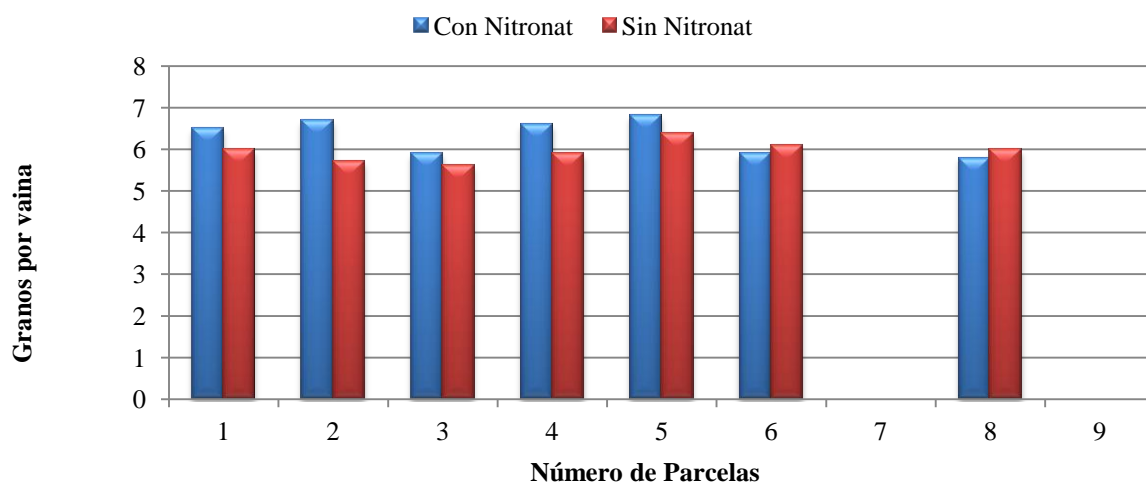


Figura 6. Número de granos por vaina encontrados en los tratamientos

Número de QQ comerciales (Rendimiento)

El rendimiento obtenido es el resultado de la combinación del genotipo, el medio ambiente y el manejo adecuado y efectivo que se le da al cultivo para que éste desarrolle su potencial genético de producción (Thung, 1991 y Martínez, 1994).

Los principales componentes que determinan el rendimiento son las vainas por planta, granos por vaina, peso del grano y la cantidad de plantas cosechadas (Tapia, 1987). En base a lo expuesto anteriormente, se puede afirmar que los componentes del rendimiento no pueden considerarse independientes unos de los otros, sino que existe una relación entre ellos, que es lo que determina dicha variable.

Los rendimientos obtenidos en los tratamientos se vieron afectados fuertemente por las precipitaciones durante el inicio del ciclo del cultivo, seguido de un periodo seco al momento del llenado del grano, etapa de arranca y en post cosecha. Los datos no son significativos, no habiendo diferencia entre los tratamientos. Aun así, los mejores rendimientos correspondieron a las parcela numero 5 código 1783, aunque se perdieron las parcelas 7 y 9 por exceso de agua. Cabe mencionar, que al hacer un análisis comparativo entre los casos rendimiento, el tratamiento A (parcelas 1, 2, 3 y 8) supera al tratamiento B.

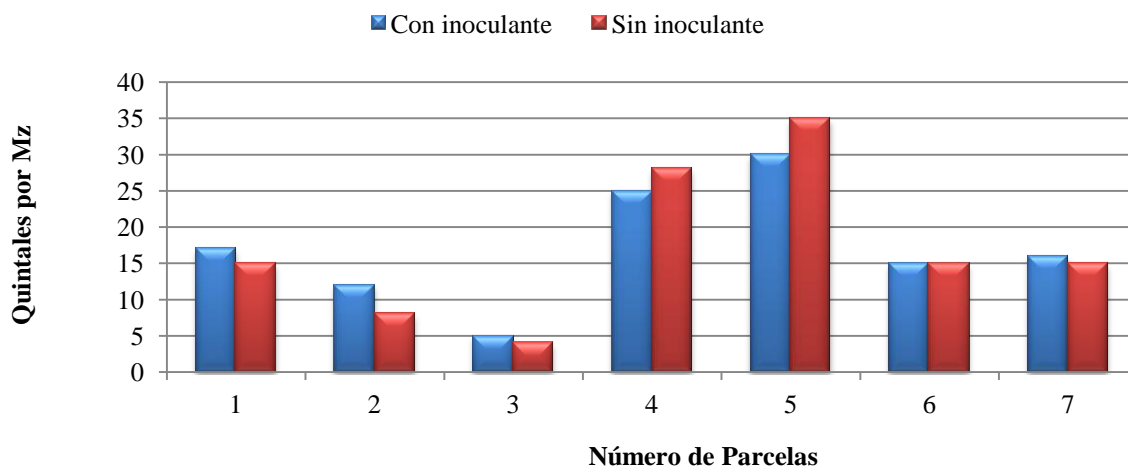


Figura 7. Rendimiento (qq/mz) registrados en los tratamientos

Análisis económico.

Para este acápite se utilizó, la relación, beneficio costo y utilidad bruta en cada tratamiento, el tratamiento A supera con una diferencia de 3.08 dólares al tratamiento B, con relación a los costos de producción.

No hay diferencias significativa entre los ingresos brutos obtenidos mediante la ponderación de las muestras de cada parcela, se compararon la medias obtenidas en cada tratamiento, A supera con una diferencia de 5.82 dólares al tratamiento B, con relación a los ingresos por ventas.

La relación beneficio-costo entre los tratamientos es de 0,03 unidades, datos obtenidos de la diferencia de la media de las casos analizados, en donde el tratamiento A tiene una relación C/B= 1.26 en comparación del tratamiento B = 1.23.

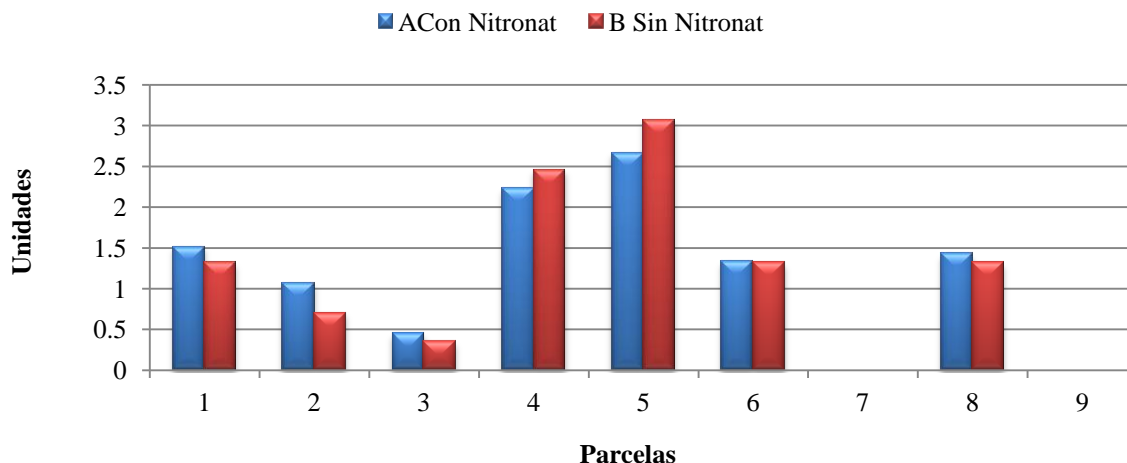


Figura 8. Relación costo – beneficio encontrada para producir media manzana de frijol utilizando inoculante.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, el efecto de NITRONAT sobre la presencia de nódulos, número de vainas por plantas, desarrollo de raíz, granos por vainas, expresan datos numéricos relevantes, pero varía de un sitio a otro.

Los fenómenos climáticos pudieron afectar los resultados obtenidos, producto de las altas precipitaciones y condiciones climáticas inestables, afectando el rendimiento, principalmente en la arrancada y asoleada de las vainas de frijol.

El análisis de rendimiento refleja que el tratamiento con NITRONAT versus testigo difieren en 2.59 vainas por plantas y 0.28 granos por vainas, no teniendo efecto significativo. Sin embargo, la comparación promedio de ambos tratamiento es similar con una diferencia de 0,17 quintales a favor del tratamiento A con inoculante.

LITERATURA CITADA

- Acuña, O; Rodríguez, E; Llano, A; Calderón VR; Flores, G; Viana, A; Lépez, R. 2001. Validación técnica de inoculantes en frijol con cepas de *Rhizobium* eficientes en fijación de nitrógeno en Centroamérica. *Agronomía Mesoamericana*. 12 (1): 25 – 32.
- Benavides, Y; Medina, L; Chavarría, E. 2003. Evaluación de 20 líneas de frijol rojo en tres localidades de la zona húmeda de Las Segovias. Tesis de Ing. Agrop. EAGE. Estelí, NI. 52p.
- Binder, U. 1997. Manual de leguminosas de Nicaragua. PASOLAC; EAGE. Estelí, NI. p.30 – 45.
- Castellón, E; Mercado, I; Ortega. 2000. Evaluación de 12 genotipos de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes a sequía y mosaico dorado en la comunidad de Las Cámaras, Estelí, 2000. Tesis de Ing. Agrop. EAGE. Estelí, NI. 48p.

- Chavarría, M; Acuña, O; Castro, L. 1996. Evaluación de la fijación biológica del nitrógeno de cinco líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L). En: X Congreso Nacional Agronómico y II Congreso de Suelos. San José, CR. p. 106.
- Grageda-Cabrera, OA; Vera-Núñez, JA; Castellanos, JZ; Peña-Cabriaes, JJ. 2003. Comparación de métodos para estimar la fijación de N₂ en frijol en condiciones de campo TERRA Latinoamericana, 21 (1): 65-71
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2009. Cultivo del frijol: Guía tecnológica para la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L). 2da edición. Managua, NI. 25 p.
- Rosas, JC; Robleto, EA. 1990. Estimaciones de heredabilidad del crecimiento, fijación de nitrógeno y rendimiento de frijol común. CEIBA. Tegucigalpa, HN. p 231 – 236.
- Rocha, B; Rugama, I; Villareyna, I. 1999. Evaluación de 12 variedades criollas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano rojo en la zona alta de Estelí. Trabajo de Diploma de Téc. Sup. Agrop. EIAGE. Estelí NI. 65p.
- Tapia, H; Camacho, A. 1988. Manejo Integrado de la producción de frijol, basado en labranza cero. Managua NI. 181p.
- Urbina Salablanca, ME; Caceres, NJ. 2004. Efecto de diferentes arreglos topológicos de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y la acción del inoculante, sobre el comportamiento de la maleza, el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos y el uso equivalente de la tierra. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 51 p.
- Vásquez Arroyo, J. 1996. Fijación biológica de nitrógeno en frijol de temporal y la diversidad genética de las poblaciones nativas de *Rhizobium*. Tesis de Doctor en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León. MX. 104 p.