

RESPUESTA DEL FRIJOL LIMA (*Phaseolus vulgaris* L) A LA APLICACIÓN DE ABONO ORGANICO A BASE DE RESIDUOS SÓLIDOS DE FIQUE, EL TAMBO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO, COLOMBIA¹

RESPONSE OF BEAN LIMA (*Phaseolus vulgaris* L) THE APPLICATION OF ORGANIC FERTILIZER BASED ON SOLID WASTE FIQUE, THE TAMBO, DEPARTMENT OF NARIÑO, COLOMBIA

Heidy Alejandra Pupiales Criollo² Jorge Alirio Pupiales Criollo² Amanda Silva Parra³

RESUMEN

Se estudió la respuesta del fríjol var. Lima (*Phaseolus vulgaris* L) a la fertilización con base en la preparación de residuos sólidos de fique en el municipio de El Tambo, departamento de Nariño, mediante la evaluación de las variables altura de plantas, vainas por planta, granos por vainas, peso de cien semillas y rendimiento. Se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) para todas las variables menos en el peso de cien semillas. Los resultados parciales mostraron como el tratamiento 7 fertilizante orgánico elaborado a partir de residuos sólidos de fique + estiércol de vaca + melaza + urea igualó a los tratamientos 1 y 2 con Urea y 13-26-6 en las variables altura, número de vainas por planta y granos por vaina y al tratamiento 1 en la variable rendimiento. Se encontró que el tratamiento 3 o testigo sin fertilización presentó los más bajos promedios en todas las variables analizadas. El tratamiento 4 fertilizante orgánico a partir de residuos sólidos de fique descompuesto ofreció una tasa de retorno marginal atractiva con 866% en comparación con el tratamiento 1 con Urea que presentó una tasa de retorno marginal de 386%.

Palabras claves: fertilización, rendimiento, análisis económico.

(1) Artículo científico presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agroforestal, 2008.

(2) Estudiantes de Ingeniería Agroforestal, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. E-mail: apples-86@hotmail.com

(3) Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Profesor catedrático. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. e-mail: amanda.silvaparra@gmail.com

ABSTRACT

We evaluated the response of beans var. Lima (*Phaseolus vulgaris* L) to fertilization based solid waste fique based in The Tambo, department of Nariño, Colombia on plant height, pods per plant, seeds per pod, hundred seed weight and yield. Differences were statistically significant ($p < 0.01$) for all variables at least one hundred weight of seeds. The partial results showed the treatment 7 organic fertilizer made from solid waste fique + cow manure + urea + molasses matched in all cases to treatment 1 with Urea and 13-26-6 for plant height, pods per plant, seed per pod, hundred see weight and yield for treatment 1 with Urea, demonstrating its technical feasibility. The plots without fertilization had minimal effect on all variables analyzed. The economic analysis showed that treatment 4 organic fertilizer from solid waste fique offered a higher marginal rate of return 866% compared to treatment 1 with urea presented a marginal rate of return of 386%.

Keywords: fertilization, yield, economic analysis.

INTRODUCCIÓN

El fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa que se siembra tradicionalmente en Nariño, ocupando un lugar importante por el valor de la producción y por ser un componente valioso de la dieta alimenticia, el cual aporta un alto contenido de proteínas y carbohidratos (Angulo, 1990).

La producción mundial de fríjol fue de 25,4 millones de toneladas, de las cuales el 76,2% corresponde a fríjol seco, el 17,4% a fríjol verde (desgranado) y el 6,4% a fríjol verde en vaina. Colombia participó con el 0,7% de la producción mundial de fríjol seco, con una producción de 114.503 ton. En Nariño se siembran 18609 has, con una producción de 14187 ton y una participación del 12.4% de la producción nacional (Ministerio de Agricultura, 2007).

El 65% de la producción nacional de fríjol proviene del cultivo de variedades volubles o de enredadera y el 35% restante de variedades arbustivas (Ministerio de Agricultura, 2007). Las variedades volubles se cultivan entre 1.800 y 2.800 msnm (clima frío moderado); las variedades arbustivas se cultivan entre 0 hasta 2.710 msnm (climas frío, frío moderado, medio y cálido) (Instituto Colombiano Agropecuario-ICA 1992).

Según el ICA (1992), el fríjol Lima es una variedad regional de tipo arbustivo, que cuando se desarrolla en un suelo de buenas características físico-químicas y una humedad óptima pueden alcanzar una altura de crecimiento de hasta 70 cm, una producción de 18 vainas/planta y 5 granos/vaina, además de ser una variedad precoz con un ciclo fisiológico de entre 95 y 120 días que obtiene buenos rendimientos sembrado a una densidad de 62500 plantas/ha desde 1,8 a 2,5 ton/ha.

Dentro de los procesos productivos de un cultivo la fertilización es el aspecto más importante para el desarrollo y la buena producción de las plantas. La demanda nutricional en fríjol es alta si se toma en cuenta la cantidad de nutrientes que son extraídos en la cosecha (Howeler y Medina, 1982). Guerrero (1995), reporta que los requerimientos nutricionales del cultivo de fríjol para producir 2.5 ton/ha por cosecha en kg/ha/cosecha son del siguiente orden 105 de N, 10 de P₂O₅, 120 de K₂O y 10 de MgO, por lo que anualmente debe restituirse al suelo las cantidades que son extraídas más una cantidad adicional para compensar otras pérdidas en el suelo y la que se utiliza para el crecimiento vegetativo continuo (Howeler y Medina, 1982).

El uso de fertilizantes químicos en el fríjol es practicado en todos los municipios productores del departamento de Nariño pero no siempre basados en análisis de suelos (Guerrero, 1995), se extrapolan recomendaciones de una zona a otra, lo cual ha traído un uso indiscriminado de estos productos con agravantes para el suelo como para la planta. En contraposición a la utilización de estos materiales, la agricultura orgánica enfatiza la utilización de prácticas de gestión basadas preferentemente en el manejo de los insumos

internos de los predios agrícolas, lo que se consigue aplicando en lo posible métodos agronómicos, biológicos y mecánicos (Burbano, 1989).

En la obtención de la fibra del fique en el municipio del Tambo, un volumen considerable es desechado como residuos de aproximadamente el 90 %, representado en jugo, estopa y bagazo, estos se pueden utilizar de distintas formas como sustrato para la producción de hongos comestibles, lombricultura, alimentación de rumiantes, y como abono orgánico para los residuos sólidos (CADEFIQUE, 2006).

Pérez (1974), manifiesta que la mejor utilización que se le puede dar a residuos del fique es la fabricación de abonos orgánicos, por la cantidad de nutrientes y materia orgánica que posee, y al realizar un proceso de compostaje mezclándolo con otros desechos de las fincas como residuos de cosecha y estiércoles de animales dan como resultado un abono orgánico altamente eficiente. La tecnología orgánica puede incrementar los rendimientos en cultivos en comparación al sistema tradicional, presenta las ventajas de no contaminar el ambiente y producir alimentos inocuos (Jeavons 1991; Gómez y Castañeda 2000; Gómez et al., 2001).

Guerrero (1995), menciona un ensayo de campo en micro-parcelas de fríjol, en cuya investigación se evaluaron cuatro fuentes de materia orgánica (gallinaza, estiércol vacuno, pulpa de café descompuesta y bagazo de caña) y el fertilizante químico triple 14 en dosis de 0, 25, 50, 75 y 100 ton/ha ocasionaron un aumento en altura y algunos componentes de rendimiento en las plantas fertilizadas con materiales orgánicos en comparación con el fertilizante químico.

Según Muñoz (1994), en el trabajo “abonamiento orgánico del fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelos aluviales de clima medio” los fertilizantes orgánicos bobinaza y gallinaza mejoraron la producción significativamente, cuando se adicionaron como un complemento a la fertilización química en dosis de 750 y 250 kg/ha.

En suelos donde el contenido de materia orgánica varía dentro de rangos tan amplios como 1,5 a 9,7%, las variedades de fríjol arbustivo incrementaron su producción cuando se aplicó nitrógeno o fertilizante orgánico, en forma de gallinaza de piso de ponedoras. En suelos con menos de 5% de materia orgánica, hubo un incremento de 7,32 kilogramos de fríjol por cada kilogramo de N aplicado, cuando se adicionó N entre 30 y 50 kg/ha. Para suelos con contenidos de materia orgánica entre 5 y 10%, el incremento en la producción de grano fue de 5.84 kilogramos por cada kilogramo de N aplicado en abono orgánico compostado, en el rango entre 25 y 90 kg/ha (ICA, 1992; Monómeros, 1988). En relación al nitrógeno, los Andisoles presentan contenidos bajos a medios, especialmente en aquellas tierras ácidas y erosionadas (Monómeros, 1988; Muñoz, 1980; Marín y Forero, 1982).

Guancha (1992), al evaluar la respuesta del fríjol a la aplicación de diferentes dosis de compost a base de gallinaza encontró que con la aplicación de abono orgánico y de fertilizantes 10-30-10 no afectó significativamente el peso de 100 granos, considerándose una característica propia de la variedad, observó además que existe una relación directa entre la dosis del compost aplicado y el número de vainas por planta, número de granos por planta y rendimiento.

La aplicación de gallinaza, pulpa de café y en mezcla de estos dos materiales incrementaron significativamente el número de granos/vainas de arveja, en comparación con la aplicación de abono químico (0, 3 ton/ha de 10-30-10), la aplicación de 1.875 ton/ha de gallinaza fue estadísticamente similar con la aplicación del abono químico 1.979 kg/ha sobre el rendimiento (Guerrero y Muñoz, 1994).

Teniendo como objetivo la búsqueda de soluciones viables social, económica y ambientalmente, se implementó el presente experimento con el fin de evaluar la respuesta del fríjol (*Phaseolus vulgaris L*) var. Lima a la aplicación de diferentes fertilizantes orgánicos elaborados con residuos sólidos de fique sobre su crecimiento y componentes de rendimiento; y se estimó la viabilidad económica de los tratamientos utilizados, que puedan

ofrecer una utilización apropiada de los excedentes de los residuos sólidos de fique que se producen en la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la finca experimental del Instituto Agropecuario Jesús Nazareno de la vereda Trojayaco, municipio del Tambo (Nariño), con 2200 msnm y 16° C. El suelo del área experimental se clasificó como un Andisol (IGAC, 2004), de textura arcillo-arenosa, con 2.8% de materia orgánica, un pH de 5.7 y una concentración de 9.3 cmol/kg de calcio, 2.29 cmol/kg de magnesio, 2.10 cmol/kg de potasio, 27 mg/kg de fósforo, 129.43 mg/kg de hierro, 29.20 mg/kg de manganeso, 4.16 mg/kg de cobre, 8.30 ppm de zinc, 1.41 mg/kg de boro, una densidad aparente de 0.8 g/cc y una R C/N de 10.25 según análisis de suelo realizado en los Laboratorios Especializados de Suelos de la Universidad de Nariño.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 8 tratamientos y 3 repeticiones. Su unidad experimental fue de 6 m² (2 x 3 m), en donde se sembraron 5 surcos de 3 m de largo. La distancia de siembra entre surcos fue de 0.50 m y entre plantas de 0.10 m. El área útil de la parcela fue de 4.2 m². El ensayo se realizó en un área total de 279 m².

Los tratamientos en el campo correspondieron a: **T₁** tratamiento con fertilización mineral según el análisis de suelos con Urea en dosis de 180 kg/ha. **T₂** tratamiento con fertilizante químico 13 – 26 – 6 en dosis de 300 kg/ha según recomendación del ICA, 1989. **T₃** testigo sin fertilización en dosis 0 kg/ha. **T₄** residuos de fique descompuestos en dosis de 3 ton/ha. **T₅** residuos sólidos del fique + estiércol seco de vaca descompuestos en proporción de 1.5:1.5 ton/ha. **T₆** residuos sólidos del fique + estiércol seco de vaca + leche cruda + melaza, en proporción de 1.5:1.275:0.075:0.15 ton/ha. **T₇** residuos sólidos del fique + estiércol seco de vaca + melaza + urea en proporción de 1.5:1.275:0.075:0.15 ton/ha. **T₈** residuos sólidos del fique + estiércol seco de vaca + melaza + roca fosfórica en proporción de 1.5:1.5:1.275:0.15 ton/ha.

Los fertilizantes orgánicos fueron aplicados 8 días antes de la siembra e incorporado con la preparación del suelo, la cual se realizó en forma manual y para la siembra se utilizó frijol *Phaseolus vulgaris* variedad Lima, con una densidad de siembra de 200.000 plantas/ha, los fertilizantes químicos se aplicaron al momento de la siembra en medio del surco y enterrado.

Los residuos sólidos de fique fueron producto del compostaje y mezclados en diferentes proporciones con estiércol seco de vaca, melaza, urea y roca fosfórica por un período de 6 meses antes de su aplicación. El análisis bromatológico de bagazo de fique (RSF) sin aditamentos y estabilizado a partir de 6 meses presentó un 1.86% de N, 0.70% de P, 12.8% de Ca, 2.53% de Mg, 1.44% de K, 56.93 ppm de Zn, 194.47 ppm de Fe, 10.5 ppm de Cu, 10.07 ppm de B, 64.20 ppm de Mn (CADEFIQUE, 2006).

Se realizaron evaluaciones de altura de plantas (cm), número de vainas por planta, granos por vaina, peso de cien semillas (g) y rendimiento (ton/ha). Para altura de plantas (cm.) se midió con una regla graduada desde la superficie del suelo a la altura del último foliolo con base en 10 plantas tomadas al azar en cada una de las parcelas y cuando el 90% de las vainas alcanzaron su madurez fisiológica. Al momento de la cosecha se contabilizó el número de vainas por planta en 10 plantas seleccionadas al azar en cada parcela y se contabilizó el número de granos por vaina en 50 vainas por parcela y se promediaron los resultados. Se evaluó el peso de 100 semillas y se expresó en gramos después de haber ajustado el contenido de humedad al 14% y se estimó el rendimiento tomando el producto de la cosecha en la parcela útil, se pesó y los datos se extrapolaron a ton/ha (Muñoz, Giraldo y Fernández de Soto, 1993).

Para el análisis económico se utilizó la metodología del presupuesto parcial, descrita por Perrin et al (1974).

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y en aquellas variables que presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.01$) se realizó comparación de medias mediante la prueba de Tukey. Los datos se corrieron mediante el paquete estadístico SAS versión 6.12.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.01$) para todas las variables menos en el peso de cien semillas ($p < 0.01$) (Tabla 1).

Tabla 1. Cuadrados medios para las variables analizadas por efecto de la fertilización con residuos sólidos de fique en fríjol var. Lima, El Tambo Nariño, Colombia, 2009

Fuente de variación	CM Altura de plantas	CM Vainas plantas	CM Granos por vaina	CM Peso de cien semillas	CM Rendimiento
Tratamiento	196.19402321**	5.40422619**	1.54857143**	0.08447083ns	0.44903724**
Bloque	0.70471250ns	0.16625000ns	0.00291667ns	0.23007917ns	0.00530279ns
Error	1.81566964	0.07672619	0.06339286	0.11056012	0.00647479
R ²	0.981846	0.972623	0.924361	0.404515	0.972061
CV	2.449663	3.724302	6.091437	0.654705	7.383339

** diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) ns no significativo

Altura de plantas (cm)

Los valores de altura oscilaron entre 41.42 con el tratamiento testigo y 64.32 cm con la aplicación de fertilizante orgánico a base de residuos sólidos de fique + estiércol seco de vaca + melaza + urea. Los tratamientos 7, 1, 2 y 8 mostraron efectos similares en promedios de altura (63.31, 62.47, 61.50 y 61.19 cm respectivamente) superando a los tratamientos 6 y 4, los cuales no presentaron diferencias estadísticas significativas entre ellos (52.6 y 48.8 cm), como también a los tratamientos 4 y 5 (48.8 y 47.3); con el tratamiento 3 testigo sin fertilización se alcanzaron los valores más bajos en alturas de plantas con 42.70 cm (Tabla 2).

Tabla 2. Pruebas de comparación de medias de tukey para las variables analizadas por efecto de la fertilización con residuos sólidos de fique en frijol var. Lima, El Tambo Nariño, Colombia, 2009

Altura (cm)		Número de vainas por planta		Granos por vaina (GV)		Peso cien semillas (g)		Rendimiento (ton/ha)	
TRAT	GRUPO	TRAT	GRUPO	TRAT	GRUPO	TRAT	GRUPO	TRAT	GRUPO
7	63.3a	1	8.8a	7	4.8a	1	51.10a	1	1.59a
1	62.4a	2	8.56ab	1	4.76a	7	50.87a	7	1.51ab
2	61.5a	7	8.46ab	2	4.56ab	6	50.86a	2	1.34bc
8	61.1a	8	7.93bc	8	4.46ab	8	50.85a	8	1.17dc
6	52.6b	6	7.63dc	6	4.20abc	2	50.70a	6	1.05d
4	48.8bc	5	7.03d	5	3.90bc	5	50.65a	4	0.80e
5	47.3c	4	6.13e	4	3.73c	4	50.64a	5	0.69e
3	42.7d	3	4.93f	3	2.63d	3	50.60a	3	0.54f
LSD	2.3597		0.4851		0.4409		0.5823		0.2318

Promedios dentro de una misma línea con letra similar no difieren significativamente según la prueba de tukey ($p < 0.01$)

En las parcelas fertilizadas con sólo urea (T1) y que igualaron en altura a los tratamientos 7, 2 y 8, al respecto Mitchell (1970); Milthorpe y Moorby (1974); Salisbury y Ross (1978), coinciden en afirmar que existen diferentes rutas dentro de la planta que le permiten obtener un mismo producto final y reducir la concentración de un elemento puede no afectar la tasa de crecimiento de la planta, la adición de urea posiblemente haya ocasionado una reacción en cadena ocasionando un mejor crecimiento de raíces, y se podría estar mejorando la absorción de otros nutrientes en el suelo y se manifiesta en una mejor altura de plantas. (Howeler y Medina, 1982), en regiones productoras de frijol el problema nutricional más común es la deficiencia de fósforo y nitrógeno, en suelos de ladera, pobres en materia orgánica

Varios autores afirman que la utilización de fertilizantes químicos orgánicos como minerales pueden traducir efectos similares en las plantas, ambos materiales son de rápida

mineralización y con un aporte rápido de nutrientes (Cegarra, 1994); los nutrientes que contienen son disponibles inmediatamente para la planta, incrementan la actividad microbial en los suelos al ser aplicados (buena fuente de energía) (Silva, Coral y Menjivar, 2006); solubilizan algunos compuestos en el suelo que aportan nutrientes (Orozco, 1984); la posibilidad de mezclarse con materiales resistentes a la descomposición, para aumentar su efecto en el tiempo (Burbano, 1998).

Los tratamientos 6 y 4 como también 4 y 5 fueron similares, todos elaborados a base de residuos sólidos de fique pero presentaron valores más bajos que los tratamientos orgánicos enriquecidos con urea y roca fosfórica como en el caso de los tratamientos 7 y 8, al respecto Guerrero y Muñoz (1994), afirman que buenos contenidos de N y especialmente de P_2O_5 en los fertilizantes orgánicos al aplicarlos al suelo se traducen en el mejoramiento de características en los cultivos.

Con el testigo sin fertilización se presentó una menor altura de plantas, según Clavijo (1984), existe una relación directa entre el suministro de elementos nutritivos especialmente del N, P y K y la tasa de fotosíntesis por el efecto directo que los minerales tienen sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, al no ser fertilizadas estas parcelas es posible que la fotosíntesis haya disminuido y por tanto la altura de plantas de frijón se vio afectada.

Vainas por planta

Se encontró que el número de vainas por planta varió entre 8.8 y 4.9 para los tratamientos con urea y testigo sin fertilización. El tratamiento 1 aplicación de urea, estadísticamente fue similar al tratamiento 2 y 7 que correspondió a la fertilización con 13-26-6 y con residuos sólidos del fique + estiércol seco de vaca + melaza + urea con valores promedios de 8.8, 8.56 y 8.46 respectivamente y los cuales superaron a los demás tratamientos evaluados, excepto al tratamiento 8 el cual solo fue superado por el tratamiento 1 (Tabla 2).

Los anteriores resultados coinciden con lo afirmado por Cegarra (1994), el N contenido tanto en fertilizantes minerales como orgánicos, mejora los procesos de mineralización, nitrificación, aumento de poblaciones bacteriales, mayor disponibilidad de nutrientes, permitiendo así un mayor desarrollo foliar, un aumento de la calidad fotosintética de las hojas, una mayor floración y producción de órganos vegetativos.

Es posible también que la aplicación del tratamiento 1 con urea, el cual se realizó con base en el análisis de suelos y que mostró deficiencia de nitrógeno, al presentar suficiencia en otros elementos como el P, K, bases y elementos menores no se establecieron diferencias con las parcelas donde se hizo aporte de otros elementos como en el caso de los tratamientos con 13-26-6 y RSF + estiércol + melaza + urea.

Orozco (1999), afirma que los fertilizantes orgánicos aportan algunos nutrientes como (N, P, S principalmente) durante el proceso de mineralización pero pueden ocasionar fijación de algunos elementos menores debido a la formación de complejos estables y la formación de quelatos con Cu, Mn, Zn, Fe y a procesos de adsorción selectiva de algunos iones, pudiendo ocasionar un efecto marcado sobre todo del N en el tratamiento 7, que igualará a las parcelas fertilizadas con urea y 13-26-6, ésta situación también podría explicar el comportamiento similar de los tratamientos 2 (13-26-6) con 7 (RSF + estiércol + melaza + roca urea) y 8 (RSF + estiércol + melaza + roca fosfórica).

Teniendo en cuenta que, respecto al número de vainas por planta no hay diferencias estadísticas altamente significativas entre la producción con fertilización química y con fertilización orgánica, es evidente la ventaja de emplear el fertilizante orgánico, por menor costo, donde se mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos lográndose un beneficio para la nutrición de cultivos (Muñoz, 1994).

Burbano (1984), afirma como los fertilizantes orgánicos en diferentes mezclas pueden ocasionar efectos similares en desarrollo y producción de los cultivos coincidiendo con los

resultados de esta investigación para los tratamientos 8 (RSF + estiércol seco de vaca + melaza + roca fosfórica) y el 6 (RSF + estiércol seco de vaca + leche + melaza), con valores de 7.93 y 7.63 granos por vainas y 6 (RSF + estiércol seco de vaca + leche + melaza) con 5 (RSF + estiércol seco de vaca) con valores de 7.63 y 7.03 respectivamente, las poblaciones microbiales influyen directamente en la disponibilidad de elementos tales como el nitrógeno, el fósforo y el azufre, mejorándose la fijación del nitrógeno atmosférico, el cual cobra importancia en leguminosas como el fríjol.

Los menores valores en vainas por planta se obtuvieron con el tratamiento 4 (RSF descompuestos) y con el testigo sin fertilización orgánica e inorgánica, Marín y Forero, 1982 afirman que el fríjol es una planta de ciclo de vida corto que extrae del suelo cantidades relativamente altas de N y K, medianas de Ca, Mg y S y bajas en P (Marín y Forero, 1982), la no restitución de estos nutrientes y especialmente de N en forma disponible al suelo pudo haber ocasionado este efecto sobre todo en el testigo.

Granos por vaina

Para granos por vaina no se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos 7, 1, 2, 8 y 6, los cuales alcanzaron los valores más altos con 4.8, 4.76, 4.56, 4.46 y 4.20 granos por vaina respectivamente, los tratamientos 2, 8, 6 y 5 con valores de 4.56, 4.46, 4.20 y 3.90 granos por vaina fueron similares entre sí, como también los tratamientos 6, 5 y 4 con 4.20, 3.90 y 3.73 granos por vaina, el tratamiento 3 sin fertilizante alcanzó los valores más bajos con 2.63 granos por vaina difiriendo estadísticamente del resto (Tabla 2).

El resultado anterior difiere de los resultados encontrados por algunos autores, según Guerrero y Muñoz (1994), el cuajado de un mayor número de granos por vaina pudo deberse a las mejores condiciones nutricionales de las plantas cuando fueron tratadas con abonos orgánicos y a las mejores condiciones físicas del suelo fertilizado con abono orgánico, que pudo permitir una mejor retención de agua, vital para el llenado de los granos

cuando se comparó con el fertilizante químico utilizado. Guerrero (1995), menciona que en un estudio con diferentes fuentes de materia orgánica (gallinaza, estiércol vacuno, pulpa de café descompuesta y bagazo de caña) se presentó un aumento en rendimiento en fríjol en comparación con el fertilizante químico triple 14.

Estos resultados nuevamente corroboran que los fertilizantes orgánicos como minerales producen efectos benéficos en los cultivos, varios autores Orozco, 1999; Muñoz, 1994 y Munevar, 1991, coinciden en que ambos materiales presentan unas bajas relaciones C/N favoreciéndose los procesos de mineralización de la materia orgánica del suelo y disponibilidad inmediata de nutrientes como son el P, K, Ca, Mg, S, fácilmente asimilables por las plantas (Orozco, 1984).

Los resultados similares obtenidos en las parcelas fertilizadas con RSF + estiércol seco de vaca + leche + melaza (T6), RSF + estiércol seco de vaca (T5) y RSF descompuesto (T4), coinciden con los obtenidos por Alava y Gaviria (1989), el número de vainas, granos por vaina y el peso de 100 granos en fríjol no se vieron afectados por la incorporación de diferentes fuentes y dosis de fertilizantes orgánicos como residuos de cosecha de plátano, pulpa de café y estiércol vacuno, obteniéndose resultados similares.

El tratamiento 3 testigo, sin fertilizantes difirió estadísticamente del resto alcanzando valores de 2.63 granos por vaina, al respecto Silva (1984) afirma que la deficiencia nutricional para la planta ocurrirá según los procesos de solubilización más mineralización sean menores a otros procesos como la fijación, la inmovilización, la extracción de nutrientes por la planta y pérdidas de nutrientes en el suelo por lixiviación o denitrificación, sumado a la no restitución del factor intensidad del suelo con la utilización de fertilizantes minerales o de tipo orgánico que explican el comportamiento de esta variable.

Peso de cien semillas

Al analizar los valores correspondientes a la variable peso de 100 granos (tabla 2), se encontró que no hubo diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos

($p < 0.01$), el peso de 100 granos varió entre 51.10 g obtenido con Urea y 50.60 g con el tratamiento testigo sin fertilización.

La aplicación de los tratamientos ocasionaron un efecto similar en el llenado de semillas y se tradujeron más bien en el aumento de número de vainas por plantas y granos por vaina, pudiendo deberse a una condición de tipo genética por ser una característica de alta heredabilidad (Milthorpe y Moorby, 1982), el cual no se vio afectada por el medio.

Rendimiento

Los valores de rendimiento oscilaron entre 0.44 y 1.77 para los tratamientos 3 y 1 respectivamente, el máximo cercano al valor mínimo reportado por el ICA (1980) entre 1.8 y 2,5 ton/ha. Los mejores resultados en los rendimientos en el cultivo de frijol se obtuvieron al aplicar los tratamientos 1 (urea) y 7 (residuos sólidos de fique + estiércol + melaza + urea) con 1.59 y 1.51 ton/ha en comparación con los tratamientos 7 y 2, los cuales fueron similares estadísticamente (1.51 y 1.34 ton/ha), 2 con 8 (1.34 y 1.17 ton/ha), 8 con 6 (1.17 y 1.05 ton/ha), 4 con 5 (0.8 y 0.69 ton/ha) y con el tratamiento 3 se alcanzaron los rendimientos más bajos con 0.54 ton/ha (Tabla 2).

Los fertilizantes minerales como orgánicos ejercieron un efecto positivo sobre el rendimiento en frijol, los fertilizantes orgánicos permiten una gran disponibilidad de macro y micronutrientes y mejoran la estructura de suelo para un normal desarrollo de las raíces e incrementos significativos en los rendimientos de los cultivos, la MO influye positivamente en el incremento del rendimiento del frijol. (Orozco, 1999; Mejía y Lobo, 1993), lo que demuestra las ventajas de este sistema de producción para condiciones semejantes a las utilizadas en este estudio.

Santos et al., (2001), registraron un efecto directo de diferentes abonos orgánicos en los rendimientos de frijol y determinaron como niveles óptimos 13 ton/ha para gallinaza; 16.6 ton/ha para estiércol caprino y 24 ton/ha para estiércol bovino. La fertilidad del suelo ha sido relacionada con altos rendimientos en el cultivo del frijol (Carnicelli et al. 2000;

Peixoto et al. 2002; Souza et al.2006). Fertilizantes orgánicos como gallinaza, bovinaza y conejaza mejoran los rendimientos de cultivos (Monsalve, Escobar y Medina, 2006).

En el suelo fertilizado con urea (T1) y con residuos sólidos de fique + estiércol + melaza + urea (T7) con rendimientos de 1.59 y 1.51 ton/ha de frijol cuando se comparan con el testigo (T3) con rendimientos de 0.54 ton/ha y expresado en porcentaje muestran los rendimientos relativos, las parcelas testigo rindieron un 33.96% y un 35.76% de los tratamientos con Urea y con residuos sólidos de fique + estiércol + melaza + urea, la respuesta a la aplicación del fertilizante a base de Urea en ese suelo fue del 66.04% y de 64.24% para el orgánico.

Los bajos valores de rendimiento relativo implicarán altas respuestas a la aplicación de los tratamientos y supone algunos tipos de deficiencias para el cultivo (Guerrero, 1984). Se requiere establecer la viabilidad económica de los fertilizantes orgánicos para su recomendación técnica a los productores de la región.

Análisis económico

En la tabla 3, se muestran los costos variables e ingresos netos de los diferentes tratamientos. De acuerdo a la tabla 2 y teniendo en cuenta el análisis estadístico para la variable rendimiento dentro de los tratamientos que no presentaron diferencias estadísticas entre si; se descartaron los que presentaban mayores costos variables de la siguiente forma.

Con base en los costos variables (Tabla 3), entre los tratamientos 1 y 7 se descarto el numero 7; de igual forma entre los tratamientos 2 y 8 se descarto el numero 2; entre los tratamientos 8 y 6 se elimino el numero 8 y finalmente entre los tratamientos 4 y 5 se elimino el numero 5; quedando los tratamientos 1, 6, 4 y 3, con los cuales se realizo el análisis de dominancia. La Tabla 4 mostró que el tratamiento 6 fue dominado por el tratamiento 1, se descartó por presentar un menor ingreso neto y un mayor costo variable.

Tabla 3. Presupuesto parcial de diferentes niveles de fertilización química y orgánica en frijol, 2009 (miles en \$/ha)

DETALLE	1	2	3	4	5	6	7	8
IBRUTO								
\$1600 kilo	2'544.0	2'144.0	864	1'280.0	1'104.0	1'680.0	2'416.0	1'872.0
COSTOS								
VARIABLES	360	600	0	100	225	380.75	521.25	476.25
NETO								
PARCIAL	2'184.0	1'544.0	864	1'180.0	879	1'299.25	1'894.75	1'395.75

Tabla 4. Análisis de dominancia de diferentes niveles de fertilización química y orgánica en frijol.

TRATAMIENTO	NETO	COSTOS VARIABLES
(1) Urea	2'184.000	360.000
(6) RSF + estiércol seco de vaca + leche cruda + melaza		
(4) RSF	1'299.250	380.750*
(3) Testigo sin fertilización	1'180.000	100.000
	864.000	0

- Tratamientos dominados

En el análisis marginal (Tabla 5), el testigo presentó un ingreso neto de \$864.000. Pasar de ese ingreso al obtenido por el tratamiento 4 (RSF descompuestos) es atractivo para el agricultor ya que requiere un costo variable adicional de \$100.000 y le permite obtener un incremento en el ingreso neto de \$863.000 que representa una TRM de 863%; es evidente la ventaja de emplear el fertilizante orgánico, por menor costo y que además contribuye a mejorar el suelo físicamente y a una mayor conservación de la fertilidad del suelo en el largo plazo. Si las condiciones económicas del agricultor son favorables, es posible pasar del tratamiento 4 (RSF descompuestos) al tratamiento 1 (urea), que le permite incrementar los ingresos sobre el tratamiento 4 en \$1.004.000, para lo cual requiere aumentar los costos variables en \$260.000, lo cual representa una TRM de 386% respecto al tratamiento 4.

Tabla 5. Análisis marginal de diferentes niveles de fertilización química y orgánica en fríjol (miles en \$/ha)

TRATAMIENTO	INGRESO NETO	COSTOS VARIABLES	INCREMENTO MARGINAL EN		TASA DE RETORNO MARGINAL (%)
			IN	CV	
(1) Urea	2'184.0	360.0	1004.0	260.0	386
(4) RSF	1'180.0	100.0	863	100	863
(3) Testigo	864.0	0			

CONCLUSIONES

- Los tratamientos 7 (RSF + estiércol seco + urea + melaza), 1 (urea 180 kg/ha), 2 (13-26-6 300 kg/ha) y 8 (RSF + estiércol seco + melaza + roca fosfórica) presentaron mayor altura de plantas y número de granos por vaina, para esta variable se destacó también el tratamiento 5 (RSF + estiércol seco descompuestos), los cuales superaron significativamente a los tratamientos 3 (testigo), 4 (RSF descompuestos) y 6 (RSF + estiércol seco + leche cruda + melaza).
- En número de vainas por planta los tratamientos 1 (urea 180 kg/ha), 2 (13-26-6 300 kg/ha) y 7 (RSF + estiércol seco + urea + melaza), con valores promedio entre 8.8 y 8.46 superaron al 5% de probabilidad a los tratamientos 3 (testigo), 4 (RSF descompuestos), 5 (RSF + estiércol seco descompuestos) y 8 (RSF + estiércol seco + melaza + roca fosfórica).
- Con los tratamientos 1 (urea 180 kg/ha), y 7 (RSF + estiércol seco + urea + melaza) se lograron los mayores rendimientos en fríjol con valores de 1.59 y 1.51 ton/ha superando significativamente a los demás tratamientos evaluados excepto al tratamiento 2 (13-26-6 300 kg/ha) con 1.34 ton/ha.
- Cuando no se realizó ningún tipo de fertilización se ocasionaron menores valores de altura de plantas, vainas por plantas, granos por vaina y rendimiento del fríjol con valores de 42.7 cm, 4.93, 2.63 y 0.54 ton/ha respectivamente.
- De acuerdo al análisis económico existen 2 tratamientos que se muestran viables, corresponden al tratamiento 4 (RSF descompuestos), que obtuvo una TRM de

863% respecto al testigo y el tratamiento 1 (urea 180 kg/ha), que logro una TRM de 368 % respecto al tratamiento 4

BIBLIOGRAFÍA

ANGULO, N. Memorias del curso seminario sobre aspectos fitosanitarios en trigo, cebada y frijol: Mejoramiento de frijol. Pasto, Colombia, 1990. 153 p.

ALAVA, A. y GAVIRIA, M. 1989. Respuesta del frijol (*Phaseolus Vulgaris*, L.) a la aplicación de cuatro abonos orgánicos y su efecto sobre algunas características del suelo, en una zona del municipio de La Unión Nariño. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa Ingeniería Agronómica. Pasto, 1989. 89 p.

CADENA PRODUCTIVA NACIONAL DEL FIQUE, CADEFIQUE. 2006. Guía ambiental del Subsector fiquero, segunda edición. Bogotá D. C.

CARNICELLI, J, PEREIRA, P, FONTES, R, CAMARGOS, M. 2000. Indices de nitrogenio da planta relacionados com a producao commercial de cenoura. Horticultura Brasileira, Brasilia, Jul, Suplemento 18:808-810

CEGARRA, J. 1994. Compostaje de desechos orgánicos y criterios de calidad del compost. **En:** Memorias 7 Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. SCCS. Bucaramanga. pp. 22-30.

CLAVIJO, P. 1984. Los factores de la producción vegetal. **En:** Fertilidad de suelos: diagnóstico y control. SCCS. Bogotá. 420 p.

BURBANO, H. 1989. El Suelo: Una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Universidad de Nariño. Pasto. 447 p.

BURBANO, H. 1998. Las enmiendas orgánicas. **En:** Fertilización de cultivos en clima frío. Monómeros Colombo Venezolanos S. A. pp: 363-403.

GÓMEZ, R, CASTAÑEDA, R. 2000. Tecnologías de producción orgánicas en las condiciones del trópico. ECOSUR-ISPROTAB, Gobierno del estado de Tabasco. Villahermosa. 91 pp.

GÓMEZ, M, SCHWENTESIUS, R, GÓMEZ, L, ARCE, I, MORAN, Y, QUITERIA, M 2001. Agricultura orgánica de México. Datos básicos. SAGARPA.- UACH - CIESTAAAM. Texcoco. 46 pp

GUANCHA, J. Respuesta del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L) variedad Caucana a la aplicación de gallinaza en un suelo del municipio de Piendamó Cauca. Tesis Ing Agr, Pasto, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, 1992. 64 p.

GUERRERO, O y MUÑOZ, M. Evaluación de dos fuentes de abonos orgánicos en la producción de arveja (*Pisum sativum*, L) en la zona cafetera del municipio de Piendamó, Cauca. Tesis Ing. Agr, Pasto, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, 1994. 66 p.

GUERRERO, R. 1984. Hacia la formulación de un modelo suelo-planta. **En:** Fertilidad de suelos: diagnóstico y control. SCCS. Bogotá. 420 p.

_____ 1984. El diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. **En:** Fertilidad de suelos: diagnóstico y control. SCCS. Bogotá. 420 p.

_____ 1995. Fertilización de cultivos en clima medio. Santafé de Bogotá, Monómeros Colombo Venezolanos. 260 p.

HOWELER, R. y MEDINA, S. 1982. La fertilización en el frijol *Phaseolus vulgaris*. Elementos mayores y secundarios. Palmira (Valle), CIAT. 1-45 p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). 2004. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Departamento de Nariño, Bogotá: IGAC. 1017 p.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO-ICA. 1992. Variedad Mejorada de Frijol arbustivo para climas frío y frío moderado. Plegable de divulgación No 247. Bogotá, ICA.

JEAVONS, J. 1991. Cultivo biointensivo de alimentos. Ecology Action. Willits. 75 pp.

LORA, R. 1984. Factores que afectan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. **En:** Fertilidad de suelos: diagnóstico y control. SCCS. Bogotá. 420 p.

MARÍN, G. y FORERO, F. 1982. Fertilidad general de los suelos de clima medio de Colombia. Hojas en mimeografo. Bogotá, Centro Experimental Tibaitatá (Mosquera). 1-24 p.

MEJIA, P y LOBO, A. 1983. Zanahoria. In: Hortalizas, manual de Asistencia técnica, ICA. Bogotá. Pp 443-498.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 2007. Producción y comercio del frijol. Santa fé de Bogotá, Corporación Colombia Internacional. 12 p.

MITCHELLI, L. 1970. Crop growth and culture. Iowa satate University Press. Ames, Iowa. 350 p.

MILTHORPE, F. y MOORBY, J. 1974. An introduction to crop physiology. Cambridge University Press, London. 200 p.

MONOMEROS COLOMBO-VENEZOLANOS. 1988. Fertilización de cultivos de clima medio. 2 serie de divulgación técnica. Bogotá, MONOMEROS.1-130 p.

MONSALVE, O., ESCOBAR, H., y MEDINA, L. 2006. Estrategias de fertilización para sistemas de producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo invernadero basados en el uso de materiales orgánicos, estudio de caso. Bogotá D.E., CIAA, Universidad Jorge Tadeo Lozano. 7 p.

MUNEVAR, F. 1991. Conceptos sobre la materia orgánica y el nitrógeno del suelo, relacionados con la interpretación de análisis químicos. **En:** Fundamentos para la Interpretación de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas para riego. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS). Bogotá. pp. 227-244.

MUÑOZ, R. 1980. Los abonos orgánicos y su uso en la agricultura. **En:** Fertilidad de suelos: Diagnóstico y control. Editor F. Silva. SCCS. Santafé de Bogotá. pp 293-304.

_____ 1994. Abonamiento orgánico y químico del fríjol (*Phaseolus vulgaris* L) en suelos aluviales de clima medio. **En:** Suelos Ecuatoriales. Vol 24, No 45. 1994. pp. 10-12.

_____ 1994. Los abonos orgánicos y su uso en la agricultura. Pp. 293-304 *in* Fertilidad de suelos, diagnóstico y control (M.F. Silva, ed.). Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. Santafé de Bogotá. Colombia.

MUÑOZ, G; GIRALDO, G y FERNANDEZ DE SOTO, J. 1993. Descriptores varietales de maíz, frijol, arroz, sorgo. Calí, CIAT. 174 p.

OROZCO, H. 1984. La materia orgánica de los suelos y su relación con los abonos orgánicos. **En:** Curso Fertilización Racional del Suelo. SCCS. Medellín. pp. 339-367.

_____ 1999. Biología del nitrógeno. Conceptos básicos sobre sus transformaciones biológicas. Tomo I. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín. 231 p.

PEIXOTO, N, BRAZ, L, BANZATTO, D, MORAES, E, MOREIRA, F 2002. Resposta de feijão-vagem a diferentes níveis de fertilidade. Horticultura Brasileira 20:593-596.

PEREZ, J. 1974. El fique, su taxonomía, cultivo y tecnología. Segunda edición. Colina. Medellín, Colombia.

PERRIN, R.; WILKELMAN, D; MOSCARDI, E. y ANDERSON, J. 1974. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual metodológico de evaluación económica. Méjico, CIMMYT, 1974. 54 p.

SANTOS, G, OLIVEIRA, A, SILVA, J, ALVES, E, COSTA, C. 2001 Características e rendimento de vagem do feijão-vagem em função de fontes e doses de matéria orgânica. Horticulture Brasileira 19(1):30-35

SALISBURY, F. y ROSS, C. 1978. Plant physiology. 2da ed. Belmont, California.

SILVA, A; CORAL, D y MENJIVAR, F. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la actividad microbial y rendimiento de avena forrajera en un suelo andisol del departamento de Nariño, Colombia. Acta Agrónomica, volumen 55, número 1, ISSN 0120-2812. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 55-63.

SILVA, F. 1984. Fertilidad de suelos: diagnóstico y control. SCCS. Santafé de Bogotá. 304 p.

SOUZA, R, FAQUIN, V, FERNÁNDEZ, L, ÁVILA, F. 2006. Nutrição fosfatada e rendimento do feijoeiro sob influência da calagem e adubação orgânica. Ciência e Agrotecnologia, Lavras 30:656-664