



*“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”*

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL**

Trabajo de Graduación

**Efecto de la fertilización orgánica y sintética sobre el
rendimiento de grano de tres variedades de frijol
(*Phaseolus vulgaris* L.), El Rincón, Darío-Matagalpa,
primera, 2010.**

AUTOR

Br. Osman Alberto Valle Hernández

ASESORES

**Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez
Ing. Martha Elizabeth Moraga Quezada**

**MANAGUA, NICARAGUA
Abril, 2013**



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL

Trabajo de Graduación

**Efecto de la fertilización orgánica y sintética sobre el
rendimiento de grano de tres variedades de frijol
(*Phaseolus vulgaris* L.), El Rincón, Darío-Matagalpa,
primera, 2010.**

AUTOR

Br. Osman Alberto Valle Hernández

ASESORES

Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez
Ing. Martha Elizabeth Moraga Quezada

**Presentado a la consideración del honorable tribunal
examinador como requisito parcial para optar al título
de Ingeniero Agrónomo**

MANAGUA, NICARAGUA
Abril, 2013

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a DIOS, creador de todas las cosas y punto clave en mi vida para seguir cosechando éxitos, a quien debo mi fortaleza, sabiduría y entendimiento durante el desarrollo de mi carrera.

A mi abuelita Magdalena de la Concepción Juárez Ruiz (q.e.p.d), por darme ese inmenso cariño y por apoyarme siempre en todas las decisiones durante estuvieste conmigo. Yo sé que desde el cielo tú estas muy contenta por este logro tan importante en mi vida. Te adoro abuelita.

A mis padres Cristina Auxiliadora Hernández Juárez y Amilcar José Valle, por haberme apoyado incondicionalmente en lo económico y moral a lo largo de mi formación profesional.

A mis hermanos Dervin José, María Selene y Enmanuel Antonio, por su comprensión, amor y respeto durante el desarrollo de mis estudios. En especial a mi hermano mayor por su excelente apoyo, consejos sabios y por darme fuerzas para seguir alcanzando las metas que me he propuesto como profesional, aún en momentos difíciles.

A mi abuelita Rosa Haydée Valle, mis tíos, primos y demás familiares que de una forma u otra me han impulsado a seguir adelante y nunca rendirme hasta lograr los objetivos propuestos.

A mis compañeros de clase, a los cuales aprecio mucho: Freddy, Jorge Kuan, Deymer, Cristhian, Hosni, Rafael, Fernando, José Ramón, Luis, Uriel, Jorge Fajardo, Héctor, Meslier, Einar, José David, Milder, Ruth, Pía, Shuilym, Cristhella, Zaydi y María Auxiliadora, que durante estos cinco años compartimos momentos de alegría y tristeza, sé que todo el tiempo que pasamos juntos tendrá una huella sin igual en nuestras vidas, espero podamos seguir viéndonos pronto. Les deseo lo mejor y que sigan cosechando siempre éxitos.

Osman Alberto Valle Hernández

AGRADECIMIENTOS

Ante todo agradezco muy grandemente a Dios por haberme dado el don de la vida y permitirme finalizar con éxito mi carrera profesional, que ha sido uno de mis grandes sueños que hoy culmino satisfactoriamente.

A mi familia y mis amigos por todo el apoyo que me han dado, principalmente en los momentos más difíciles y por ser parte de mi inspiración para culminar mi carrera universitaria.

A la Universidad Nacional Agraria por darme la oportunidad de formarme como profesional en esta casa de estudios y los recursos necesarios para terminar con mucho éxito mi carrera.

A los asesores de este trabajo de graduación, Dr. Oscar Gómez Gutiérrez e Ingeniera Martha Moraga Quezada, por su apoyo constante, excelentes consejos y motivación para culminar esta investigación.

A todos los docentes, que me formaron durante estos cinco años, especialmente al Ingeniero MSc. José Vidal Marín, por brindarme su apoyo y confianza; así como también al personal administrativo de la UNA, principalmente a Lic. María de los Ángeles Mondragón y Lic. Carolina Padilla.

Muy especialmente agradezco al señor Salvador Zamora y su familia, por su atención y apoyo durante la etapa de campo del presente trabajo de graduación.

Osman Alberto Valle Hernández

ÍNDICE DE CONTENIDO

Sección		Página
	Índice de cuadros	v
	Índice de anexos	vii
	Resumen	viii
	Abstract	ix
I	INTRODUCCIÓN	1
II	OBJETIVOS	3
III	MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1	Ubicación del área del estudio	4
3.2	Manejo agronómico del ensayo	5
3.3	Diseño Metodológico	6
3.4	Variables evaluadas	9
3.5	Análisis de datos	10
3.6	Análisis económico	10
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
4.1	Análisis de varianza (ANDEVA) para las variables de crecimiento en el cultivo de frijol, localidad El Rincón, Darío-Matagalpa, 2010	11
4.1.1	Efecto de la fertilización y la variedad sobre la variable altura de planta	11
4.1.2	Efecto de la fertilización y la variedad sobre la variable número de hojas en el cultivo de frijol	13
4.1.3	Efecto de la fertilización y la variedad sobre el área foliar en el cultivo de frijol	13

4.2	Análisis de varianza (ANDEVA) para el rendimiento de grano y sus componentes en el cultivo de frijol, localidad El Rincón, Darío-Matagalpa, 2010	14
4.2.1	Efecto de la fertilización sobre el número de vainas por planta y número de granos por vaina en el cultivo de frijol	15
4.2.2	Efecto de la variedad sobre el número de vainas por planta y número de granos por vaina en el cultivo de frijol	16
4.2.3	Efecto de la fertilización y de la variedad sobre la variable peso de 1000 granos	17
4.2.4	Efecto de la fertilización y la variedad sobre el rendimiento de grano en el cultivo de frijol	18
4.3	ANÁLISIS ECONÓMICO	20
4.3.1	Análisis de presupuesto parcial	20
4.3.2	Análisis de dominancia	21
4.3.3	Análisis de retorno marginal	22
V	CONCLUSIONES	23
VI	RECOMENDACIONES	24
VII	LITERATURA CITADA	25
VIII	ANEXOS	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Arreglo de los factores en estudio con sus respectivos niveles. El Rincón, Darío-Matagalpa, primera 2010	6
2	Contribución de las diferentes fuentes de nutrientes a la cantidad de Nitrógeno utilizada por los agricultores de la comunidad El Rincón, en el cultivo de frijol	7
3	Características agronómicas de las variedades INTA-Masatepe e INTA-Rojo	8
4	Significancia estadística, coeficiente de variación y de determinación de tres variables de crecimiento en el cultivo de frijol, Darío-Matagalpa, primera, 2010	11
5	Efecto de la interacción (fertilización*variedad) sobre la altura de planta en el cultivo de frijol, El Rincón, Darío-Matagalpa, primera 2010	12
6	Efecto de la fertilización y la variedad sobre la variable número de hojas en el cultivo de frijol	13
7	Efecto de la fertilización y la variedad sobre el área foliar en el cultivo de frijol, El Rincón, primera 2010	14
8	Significancia estadística , coeficiente de variación y de determinación de cuatro variables de rendimiento en el cultivo de frijol, primera 2010	15
9	Efecto de la fertilización sobre número de vainas por planta y número de granos por vaina en frijol	16
10	Efecto de la variedad para las variables número de vainas por planta y número de granos por vaina	17
11	Valores promedios y separación de medias para la variable peso de 1000 granos en el cultivo de frijol	18
12	Valores promedios para la variable rendimiento de grano en el cultivo de frijol, comunidad El Rincón, primera, 2010	18
13	Resultado de análisis de presupuesto parcial realizado a los tratamientos evaluados en el cultivo de frijol, El Rincón, Darío-Matagalpa, primera 2010	21

14	Análisis de dominancia para los tratamientos evaluados en el cultivo de frijol, El Rincón, Darío-Matagalpa, primera 2010	22
15	Resultados del análisis químico del humus de lombriz	29

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
8.1	Plano de campo de un experimento en parcelas divididas en BCA para el cultivo del maíz, El Rincón, Darío-Matagalpa, primera 2010	28
8.2	Análisis químico del humus de lombriz realizado en el Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la UNA	29
8.3	Cálculos del aporte de nitrógeno por las diferentes fuentes de fertilización utilizadas en el experimento	29
8.4	Cálculos de nitrógeno y fósforo del humus de lombriz para obtener un rendimiento de 130 kg ha ⁻¹	30

RESUMEN

En la comunidad “El Rincón”, ubicada en el municipio de Darío, departamento de Matagalpa, se realizó el presente estudio durante los meses de junio a agosto del año 2010, con el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización orgánica y sintética sobre el rendimiento de grano de tres variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). El diseño de campo utilizado fue de parcelas divididas en Bloques Completos al Azar (BCA), utilizando los tratamientos: Abono orgánico (humus de lombriz) incorporado al momento de la siembra. Tratamiento combinado: mezcla proporcional de humus de lombriz y de fertilizante sintético (Completo 18-46-0), aplicando el 50% orgánico y 50% sintético, ambas fuentes aplicadas en proporción 1:1. El tercer tratamiento consistió en fertilizante sintético (completo 18-46-0), aplicado al momento de la siembra. Las cantidades aplicadas de cada fertilizante se describen en el Cuadro 2. Además se evaluó, el efecto en cuanto a rendimiento de las fuentes de fertilización mencionadas sobre las variedades INTA-Masatepe, INTA-Rojo y una criolla (Chile rojo). Las variables evaluadas fueron: altura de planta, número de hojas por planta, área foliar, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 1000 granos y rendimiento. Los datos sometidos al análisis de varianza (ANDEVA) muestran que hubo diferencias significativas para las variables de crecimiento altura de planta y área foliar, en cuanto a variables de rendimiento resultaron con diferencias estadísticas: número de vainas por planta y número de semillas por vaina. Para la variable rendimiento, no hubo diferencia estadística, resultando el tratamiento sintético (Completo 18-46-0) con un total de 655.26 kg ha⁻¹, seguido por el tratamiento orgánico (humus de lombriz) con 654.29 kg ha⁻¹, por último el tratamiento mixto (humus + sintético) con 538.22 kg ha⁻¹.

Palabras claves: rendimiento, fuentes de fertilización, fertilizante sintético, humus de lombriz.

ABSTRACT

In the community, "El Rincón", located in the municipality of Darío, Matagalpa department, this study was conducted during the months of June to August, 2010, in order to evaluate the effect of organic and synthetic fertilization on grain yield of three varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). The field design used was split plot randomized complete block (RCB), using treatments: organic fertilizer (worm castings) incorporated at planting. Combined treatment: proportional mix of worm castings and synthetic fertilizer (18-46-0), applying 50% organic and 50% synthetic, both sources applied in a 1:1 ratio. The third treatment consisted of synthetic fertilizer (18-46-0) applied at the time of planting. The fertilizer amounts used of each one are described in Table 2. Also, was evaluated the effect in performance of fertilizer sources mentioned on INTA-Masatepe, INTA-Rojo and Creole (Chile rojo) varieties. The variables evaluated were: plant height, number of leaves per plant, leaf area, number of pods per plant, number of grains per pod, 1000 grain weight and performance. The data subjected to analysis of variance (ANOVA) showed that there were significant differences for growth traits plant height and leaf area, in terms of performance variables were significantly affected: number of pods per plant and number of seeds per pod. For the variable performance, there was no statistical difference, resulting synthetic treatment (Full 18-46-0) with a total of 655.26 kg ha⁻¹, followed by treatment organic (worm castings) with 654.29 kg ha⁻¹, finally mixed treatment (worm castings + synthetic) with 538.22 kg ha⁻¹.

Keywords: performance, sources of fertilizer, synthetic fertilizer, worm castings.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro del grupo de las leguminosas comestibles, el frijol común es una de las más importantes debido a su amplia distribución en los cinco continentes y por ser complemento nutricional indispensable en la dieta alimenticia principalmente en Centro y Suramérica (Somarriba, 1997). Como fuente alimenticia tiene alto contenido de proteína (22%), carbohidratos, vitaminas y minerales. En lo relacionado a la salud, ayuda a reducir los riesgos de cáncer de colon, próstata y senos, así como en la reducción de la diabetes y el colesterol (INTA, 2009).

En Nicaragua el frijol común es después del maíz, el principal alimento básico. El consumo *per cápita* es de 26.1 kilogramos por año y es el más alto de Centroamérica, pero varía mucho año con año, dependiendo de la producción, las importaciones, exportaciones, precio y existencias (IICA, 2009). El INTA menciona que este cultivo genera más de 200 mil empleos directos e indirectos en la producción y comercialización, generando en el año 2011 un total de 32 millones de dólares en exportaciones de frijol (BCN, 2012).

Según el MAGFOR (2012), durante el ciclo agrícola 2011/2012, se sembró un total de 346 mil hectáreas de frijol, de las cuales se cosecharon 304 mil hectáreas obteniéndose un volumen de 231.8 millones de kilogramos y un promedio de $762.72 \text{ kg ha}^{-1}$. Este cultivo es producido en un 95% por pequeños y medianos productores que utilizan baja tecnología y carecen de apoyo financiero para desarrollar este rubro.

La productividad del cultivo de frijol ha sido baja, principalmente porque los productores hacen uso de variedades de baja productividad; sumando a esto, los daños causados por plagas, enfermedades y malezas, altos precios de insumos, escasez de mano de obra, falta de financiamiento, capacitación y precios de garantía en la venta del grano (INTA, 2009). Por lo dicho anteriormente, se propone buscar alternativas, siendo una de ellas el uso de abonos orgánicos para mejorar y enfrentar dichos problemas.

Altieri (1995), señala que la modernización agrícola ha provocado una mala distribución de la tierra y uso intensivo de insumos, los cuales han contribuido a que prevalezcan los problemas ambientales como: la erosión del suelo, la desertificación, la contaminación por pesticidas y la pérdida de la biodiversidad.

La reducción y, especialmente, la eliminación de los agroquímicos requieren de cambios mayores en el manejo de los agroecosistemas para asegurar la provisión adecuada de nutrientes y el control de plagas. Hace algunas décadas, las fuentes alternativas de nutrientes para mantener la fertilidad del suelo incluían guano animal, desechos orgánicos y leguminosas en secuencia de cultivos (Altieri y Nicholls, 2000).

Los abonos orgánicos, son una alternativa viable para disminuir los problemas ambientales que provoca el uso excesivo de agroquímicos, porque son el resultado de residuos de origen animal o vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; además, el suelo, con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas (SAGARPA, sf).

El uso de abonos orgánicos mejora la fertilidad del suelo, combate la erosión, ayuda a reducir la contaminación ambiental, mejora la salud humana y se incrementa la biodiversidad del suelo; además con el uso de éstos abonos, el productor se vuelve menos dependiente de productos externos (IPADE, 2009).

El uso inadecuado de las prácticas de fertilización, ha provocado la pérdida gradual de la fertilidad natural del suelo, y por tanto, la disminución progresiva en los rendimientos de las cosechas. Asimismo, no existen investigaciones suficientes para estudiar alternativas que resuelvan este problema (Cisneros, 2000).

En el presente estudio se pretende evaluar el comportamiento de diferentes variedades de frijol sometidas sólo a fertilización orgánica o sintética y a una combinación proporcional de ambas, para responder a las interrogantes de investigación siguientes: ¿Cómo responden las variedades de frijol (INTA-Masatepe, INTA-Rojo y criolla) a diferentes fuentes de fertilización?, ¿Es posible que el uso de diferentes variedades presenten diferencias significativas en el rendimiento del cultivo de frijol? y ¿Será que el uso de distintas fuentes de fertilizantes (orgánica y sintética) en estudio afecten de manera significativa el rendimiento?

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

2.1.1. Evaluar el efecto de las diferentes fuentes de fertilización sobre el comportamiento agronómico de tres variedades de frijol en la localidad de “El Rincón”, Darío-Matagalpa, durante el ciclo primera del 2010.

2.2. Objetivos Específicos

2.2.1. Determinar si existen diferencias significativas en el crecimiento y rendimiento de INTA-Masatepe, INTA-Rojo y una variedad criolla, independientemente del tipo de fertilización utilizada.

2.2.2. Comprobar si las diferentes fuentes de fertilización usadas afectan significativamente el crecimiento y rendimiento de grano, independientemente de la variedad en estudio.

2.2.3. Analizar la factibilidad económica de las tecnologías alternativas evaluadas en el cultivo de frijol en comparación con la utilizada por el agricultor.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área del estudio

El estudio se realizó en la localidad “El Rincón” ubicada en el municipio de Darío departamento de Matagalpa, en la finca del Sr. Salvador Zamora.

El municipio de Darío, según INIFOM (2007) se encuentra ubicado a 40 km de la ciudad de Matagalpa y a 90 km de Managua, tiene una extensión territorial de 806 km², con una población de 37,134 habitantes distribuida en 165 comunidades rurales. Se caracteriza como una zona tropical de sabana, con clima seco y semiárido ubicándose en las siguientes coordenadas: 12°43´ de latitud norte y 86°07´ longitud oeste con temperaturas que varían entre los 25° y los 28° C.

En el municipio de Darío la precipitación oscila entre los 800 y los 1200 mm distribuidos entre mayo y octubre; y presenta una altitud de 433 msnm. La principal actividad económica es la agricultura, predominando los cultivos de frijol, maíz y sorgo (INIFOM, 2007). En la figura 1 se muestra el comportamiento de las precipitaciones en el período de Junio a Septiembre, durante los años 2008, 2009 y 2010.

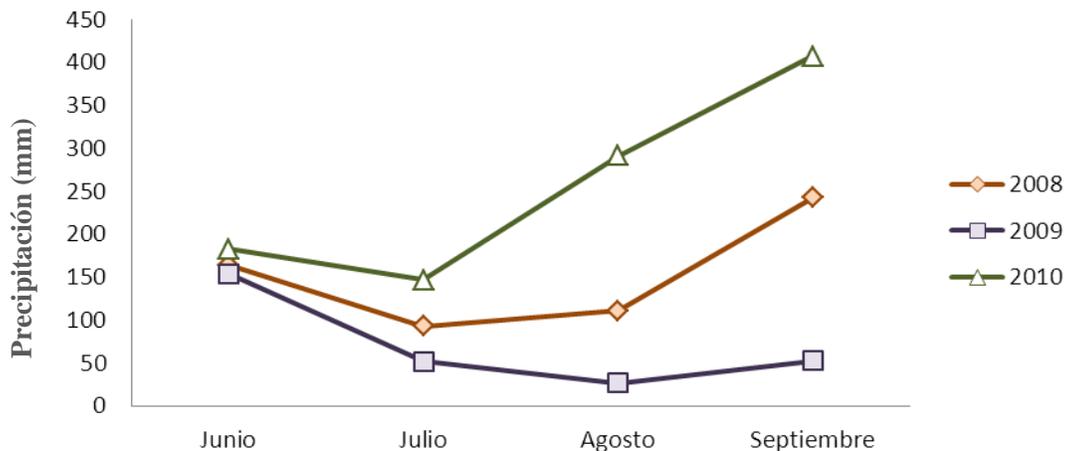


Figura 1. Distribución de las precipitaciones registradas en los meses de junio a septiembre durante los años 2008, 2009 y 2010 en la comunidad El Rincón, Darío- Matagalpa. (INETER, 2012).

3.2. Manejo agronómico del ensayo

3.2.1. Preparación del suelo

La preparación del suelo se realizó una semana antes de la siembra con tracción animal, consistió en un pase de arado, posteriormente se midió el área del ensayo y luego se estaquilló para definir inicialmente los bloques y luego las parcelas principales y sub-parcelas.

3.2.2. Siembra

La siembra se realizó el 10 de junio del 2010, depositando 2 semillas por golpe de forma manual a una distancia de 0.1 m entre planta y 0.4 m entre surco, obteniendo 30 surcos de la parcela grande y 10 surcos en la parcela pequeña, con una longitud de 5 m cada surco en ambas parcelas.

3.2.3. Fertilización

Antes de establecer el ensayo se realizó el análisis químico al abono orgánico utilizado en el estudio en el laboratorio de suelos y agua de la UNA (Ver anexo 8.2).

Las cantidades utilizadas de cada una de las fuentes de fertilización (niveles a_1 , a_2 , a_3 del factor A) para cubrir la cantidad de Nitrógeno que aplica el productor en la comunidad El Rincón se describe posteriormente (Cuadro 2). Todos los niveles en estudio para este factor se aplicaron al momento de la siembra.

3.2.4. Aporque

El aporque se realizó a los 15 días después de la siembra, para evitar el acame de las plantas y de alguna manera controlar el crecimiento de arvenses dentro del cultivo.

3.2.5. Manejo de plagas

En el manejo de plagas se aplicó el insecticida piretroide Cipermetrina® 25 (CE) a razón de 1.48 L ha^{-1} . Las aplicaciones se realizaron de acuerdo a la incidencia de las plagas sobre el desarrollo del cultivo.

3.2.6. Manejo de arvenses

El manejo de arvenses se realizó de forma manual utilizando azadón y machete, basándonos en el criterio de mantener el cultivo libre de malezas hasta los 30 días después de la siembra (Aleman, 2004).

3.2.7. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual cuando las plantas alcanzaron la senescencia, considerando sólo los surcos centrales de la parcela útil. Luego, se procedió al secado de las vainas, de forma natural (al sol), con el objetivo de reducir el contenido de humedad del grano proveniente del campo.

3.3. Diseño Metodológico

El estudio de campo consistió en la evaluación de dos alternativas tecnológicas en el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). La primera (factor A) fue probar tres fuentes de fertilización: sólo humus de lombriz, una combinación en proporciones iguales de humus de lombriz y fertilizante completo (18-46-0) y sólo fertilizante completo (18-46-0). La segunda alternativa tecnológica (factor B) consistió en la utilización de dos variedades mejoradas de frijol común y una criolla. El arreglo de dichos factores fue de parcelas divididas en un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro repeticiones.

Los niveles de cada factor a estudiar fueron los siguientes:

Cuadro 1. Arreglo de los factores en estudio con sus respectivos niveles. El Rincón, Darío-Matagalpa, primera 2010.

Factor A	Factor B
a ₁ = sólo humus de lombriz	b ₁ : INTA-Rojo
a ₂ = humus de lombriz y fertilizante sintético (Completo 18-46-0).	b ₂ : INTA-Masatepe
a ₃ = sólo fertilizante completo 18-46-0.	b ₃ : variedad criolla

Para determinar las cantidades a aplicar de cada uno de los niveles del factor A se tomó como base la dosis de fertilización aplicada por el productor y que es la recomendada por el INTA (2009). De acuerdo a dicha recomendación los agricultores aplican 2.8 quintales (127.27 kg ha⁻¹) de fertilizante completo 18-46-0, o sea 23.24 kg de nitrógeno ha⁻¹. Para los fines de este estudio sólo se consideró en los cálculos el elemento antes mencionado.

Una vez determinada la cantidad de nitrógeno a suministrar al cultivo de frijol, se decidió cubrir la misma, con cada uno de los tratamientos en estudio tal y como se describe a continuación (Ver cálculos en anexo 8.3):

Cuadro 2. Contribución de las diferentes fuentes de nutrientes a la cantidad de Nitrógeno utilizada por los agricultores de la comunidad El Rincón, en el cultivo de frijol.

Fuentes de nutrientes	Nivel	Cantidad utilizada (kg ha⁻¹)	Cantidad aplicada de N (kg ha⁻¹)	Contribución
Humus de lombriz	a ₁	1031.52	22.90	100%
Humus de lombriz +		515.76	11.45	50%
Completo (18-46-0)	a ₂	63.60	11.45	50%
Completo (18-46-0)	a ₃	127.2	22.90	100%
Demanda del cultivo			22.90	100%

Con relación al factor B, las variedades utilizadas fueron INTA-Rojo, INTA-Masatepe y una variedad criolla. El área total del ensayo fue de 950 m² dividida en cuatro bloques separados 1 m entre sí, resultando 12 parcelas principales con un área de 60 m² cada una y 36 sub-parcelas con una superficie de 20 m² cada una.

La distancia entre surco fue de 0.4 m, teniendo 10 surcos en cada sub-parcela (variedades) para un total en la parcela principal de 30 surcos. La longitud de los surcos fue de 5 m. La distancia entre plantas fue de 0.1 m, para una densidad poblacional de 250,000 plantas por hectárea; la parcela útil estuvo conformada por 8 surcos centrales, con un área de 9.6 m² eliminando los surcos bordes y 1 m en cada uno de los extremos de los surcos.

El material genético de frijol utilizado en el ensayo fueron las variedades INTA-Rojo, INTA-Masatepe y una criolla. Alguna información relevante y las características de las variedades se describen en el cuadro que se presenta a continuación:

Cuadro 3. Características agronómicas de las variedades INTA-Masatepe e INTA-Rojo.

Características	INTA-Masatepe	INTA-Rojo	Criolla (Chile rojo)
Hábito de crecimiento	Arbustivo guía larga	Arbustivo indeterminado guía corta	Arbustivo indeterminado
Días a floración	32-34	34-36	30-35
Días a madurez fisiológica	70-74	66-68	60-65
Días a cosecha	75-78	73-75	-
Vainas/planta	25-30	12-18	7
Semillas/vaina	6	6-7	6
Color del grano	Rojo claro	Rojo vino brillante	Rojo oscuro
Forma del grano	Arriñonado	Alargado ovoide	Ovoide
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	1617.2 - 1940.6	1293.8 - 1940.6	-
Resistente a:	Mosaico común	Mosaico dorado, mosaico común	-
Intermedio a:	Mustia hilachosa	-	-
Tolerante a:	Sequías y altas temperaturas	Roya, sequía y altas temperaturas	Plagas
Susceptible a:	Bacteriosis	Bacteriosis, mancha angular	Sequia

Fuente: INTA-PROMESA (2002)

La variedad mejorada INTA-Masatepe fue desarrollada por el Programa Nacional de Granos Básicos del INTA en colaboración con el Programa Cooperativo Regional de Frijol para Centroamérica y el Caribe (PROFRIJOL) con el apoyo del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola de Guatemala. Es una variedad originada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT-Colombia), fue manejada durante la fase de selección y validación en fincas de agricultores nicaragüenses (1996-1999) con la codificación DOR-582, obtenida del cruce de la variedad DOR-364 por SEL 1077 (INTA-PROMESA, 2002).

La variedad mejorada INTA-Rojo fue desarrollada por el Programa Nacional de Granos Básicos en colaboración con la Escuela Panamericana del Zamorano, Honduras. Proviene de la cruce de Tío Canela 75 x DICTA-105 realizada por el Zamorano. En la fase de selección y validación se conoció como EAP 9510-77 (INTA-PROMESA, 2002).

3.4. Variables evaluadas

La información de las distintas variables estudiadas se obtuvo a partir de una muestra de 20 plantas tomadas al azar dentro de la parcela útil, siguiendo la metodología del CIAT (1993). Las variables estudiadas de acuerdo a su naturaleza se clasifican en continuas y la única variable discontinua es número de hojas.

Al momento de la floración

Altura de planta (cm): la variable se midió desde la base de la planta hasta el meristemo apical utilizando una regla graduada en centímetros.

Número de hojas: se contabilizó el número de hojas trifoliadas en una muestra de 20 plantas tomadas al azar dentro de la parcela útil, determinándose posteriormente el valor promedio por planta.

Área foliar (cm²): se midió largo y ancho del foliolo central en la hoja trifoliada, este resultado se expresó en cm², posteriormente se multiplicó por el factor de corrección estimado en 0.75. Se realizó en diferentes momentos durante el ciclo del cultivo, evaluando las hojas de la parte intermedia de la planta.

A la cosecha

Número de vainas por planta: se tomaron 20 plantas de cada parcela útil y se contabilizó el número total de vainas por planta.

Número de granos por vainas: se tomaron 10 vainas centrales por cada planta y se contabilizó el número de granos por cada vaina y posteriormente se calculó el promedio de granos por vaina.

Peso de 1000 granos (g): se tomaron ocho réplicas de cien granos y se les determinó el peso promedio, luego se multiplicó por diez para obtener el peso de mil granos.

Rendimiento (kg ha^{-1}): se determinó tomando el peso del grano (g) por cada parcela útil. El valor obtenido se ajustó a un 12% de humedad.

3.5. Análisis de datos

Los datos de campo se trabajaron inicialmente en el Programa Excel (v.2007). Una vez creada la base de datos se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) empleando el programa estadístico SAS (v.8.0). En aquellas variables donde se detectaron diferencias estadísticamente significativas para los diferentes factores en estudio se procedió a la prueba de separación de medias mediante Tukey al 5 %.

3.6. Análisis económico

Con el fin de establecer y comparar los costos de producción y el beneficio económico de los tratamientos a evaluar en el presente ensayo, se realizó un análisis económico según la metodología propuesta por el CIMMYT (1988). Dicha metodología, considera los siguientes parámetros:

Costos fijos: incluyen costos de preparación del terreno (limpia, arado, gradeo y surcado), todos los costos comunes a los tratamientos.

Costos variables: costos de la enmienda de suelo, transporte y aplicación de plaguicidas.

Costos totales que varían: es la sumatoria de los costos variables (costo del fertilizante, del transporte y mano de obra).

Rendimiento: expresado en kg ha^{-1}

Beneficio bruto: obtenido multiplicando el rendimiento por el precio del producto a momento de la cosecha.

Beneficio neto: es igual al beneficio bruto menos los costos totales de producción.

Dominancia: se efectúa, primero ordenando los tratamientos de menores a mayores totales de los costos que varían. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían menores.

Tasa de retorno marginal: es la relación de los beneficios netos marginales sobre los costos variables marginales, expresado en porcentaje.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de varianza (ANDEVA) para las variables de crecimiento en el cultivo de frijol, localidad El Rincón, Darío-Matagalpa, 2010.

El ANDEVA realizado (Cuadro 4), muestra que el tipo de fertilización afectó marcadamente los valores promedios de las variables altura de planta ($p=0.0005$) y área foliar ($p=0.0001$). Con relación al efecto de las variedades, éste resultó estadísticamente significativo para los valores promedios de la primera variable. Finalmente se aprecia en el Cuadro 4 que ni la fertilización ni el tipo de variedad afectaron, de manera significativa, los valores promedios para número de hojas.

Cuadro 4. Significancia estadística, coeficiente de variación y de determinación de tres variables de crecimiento en el cultivo de frijol, Darío-Matagalpa, primera 2010.

Fuentes de variación	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Área Foliar (cm ²)
Réplica	0.0003	0.0001	0.0001
Fertilización	0.0005	0.1619	0.0001
Réplica*Fertilización	0.0001	0.0001	0.0007
Variedad	0.0001	0.2096	0.6866
Fertilización*Variedad	0.0178	0.9584	0.5469
CV (%)	8.08	15.55	11.05
R ²	0.94	0.85	0.87

CV (%): coeficiente de variación, R²: coeficiente de determinación.

4.1.1. Efecto de la fertilización y la variedad sobre la variable altura de planta.

Anteriormente se mencionó que los valores promedios para altura de planta variaron en dependencia de la variedad y del tipo de fertilización. En el Cuadro 5, se aprecia que la variedad INTA-Masatepe en comparación con las otras dos variedades presentó una mayor altura de planta independientemente del tipo de fertilizante utilizado; además, se observa que las variedades INTA-Rojo y criolla no presentan diferencias estadísticas para la variable altura de planta cuando se utiliza humus de lombriz, sin embargo, al utilizar el abonado mixto (humus de lombriz + sintético), la variedad criolla responde mejor (57.79 cm), en comparación a la variedad INTA-Rojo (48.15 cm) y con la fertilización sintética, la variedad mejorada INTA-Rojo presenta la mayor altura de planta (61.66 cm) en comparación con la variedad criolla (54.38 cm).

Cuadro 5. Efecto de la interacción (fertilización*variedad) sobre la altura de planta en el cultivo de frijol, El Rincón, Darío-Matagalpa, primera 2010.

Variedades	Fuentes de fertilización		
	Humus de lombriz	Humus de lombriz + sintético	Sintético
INTA-Rojo	46.01 b	48.15 c	61.66 b
INTA-Masatepe	70.14 a	74.39 a	74.63 a
Criolla	46.21 b	57.79 b	54.38 c

Cisne y Laguna (2004) afirman que los fertilizantes sintéticos por su mayor grado de solubilidad están disponibles en mayores cantidades en la etapa temprana del cultivo. Asimismo, Arzola *et al.* (2003) mencionan que altas dosis de fertilizantes sintéticos influyen positivamente en el incremento de variables de crecimiento, como es el caso de altura de planta. Por lo tanto, es posible que el resultado obtenido en el presente estudio, en cuanto a esta variable se deba a la rápida disponibilidad de los minerales provenientes del fertilizante completo (18-46-0) en comparación con los fertilizantes orgánicos, aunque esto se encuentra ligado o en dependencia de los factores climáticos. Además en el Cuadro 5 se puede observar que las variedades mejoradas INTA-Masatepe e INTA-Rojo presentan mayores alturas cuando se les aplicó fertilizante sintético, siendo la mejor INTA-Masatepe (74.63 cm), debido principalmente a que las variedades mejoradas responden mejor con fertilizantes sintéticos, ya que necesitan de un paquete tecnológico completo para su producción (SIMAS, 2012).

Los resultados de este estudio, coinciden con los reportados por Corea y López (2001), quienes evaluando variables de crecimiento en frijol común obtuvieron los valores más altos utilizando fertilizantes sintéticos. INTA (2009), menciona para las variedades INTA-Masatepe e INTA-Rojo alturas promedios entre 50 y 60 cm, aunque se puede observar en el cuadro 5 que la variedad INTA-Rojo presentó valores menores a 50 cm de altura. Asimismo, la variedad criolla al ser fertilizada con humus de lombriz mostró menor altura de planta (46.21 cm), pero al ser fertilizada con una mezcla de humus de lombriz y fertilizante sintético mostró los máximos valores promedios para dicha variable con 57.79 cm.

Corea y López (2001) obtuvieron alturas promedios de 34 cm para la variedad INTA-Masatepe, muy por debajo a lo reportado en esta investigación. Acevedo y Chávez (2010), reportan alturas promedios de 9 y 12 cm para las variedades INTA-Rojo e INTA-Masatepe, respectivamente; debido a que las plantas crecieron en condiciones adversas (sequía). El frijol requiere 3.4 mm de agua por día desde la siembra hasta la etapa de prefloración, 6 mm por día en la floración y 4.7 mm por día desde la formación de vainas hasta el llenado de granos. Es decir, entre 200-400 mm de precipitación durante todo el ciclo del cultivo (INTA, 2009).

4.1.2. Efecto de la fertilización y la variedad sobre la variable número de hojas en el cultivo de frijol.

La variable número de hojas por planta para el presente estudio resultó estadísticamente no significativa para las distintas fuentes de fertilización y para las diferentes variedades, por lo que se puede utilizar cualquier tipo de fertilización y cualquiera de las tres variedades y los resultados que se obtendrán van a ser similares, aunque el fertilizante completo y la variedad INTA-Masatepe presentan los valores promedios numéricos más altos. Este comportamiento se puede apreciar en el Cuadro 6. El número de hojas resulta ser mayor cuando se aplica fertilizante sintético (12.93) y también es mayor para las variedades mejoradas, lo que nos indica que dichas variedades mejoradas expresan marcadamente sus características cuando se les aplican fertilizantes sintéticos.

Cuadro 6. Efecto de la fertilización y la variedad sobre la variable número de hojas en el cultivo de frijol.

Fertilización	Número de hojas	Variedades	Número de hojas
Humus de lombriz	11.45 a	INTA-Rojo	12.51 a
Humus de lombriz + sintético	12.66 a	INTA-Masatepe	12.97 a
Sintético (Completo 18-46-0)	12.93 a	Criolla	11.55 a

4.1.3. Efecto de la fertilización y la variedad sobre el área foliar en el cultivo de frijol.

En el Cuadro 7 se observa que las plantas fertilizadas sólo con fertilizante sintético mostraron hojas marcadamente de mayor tamaño (área foliar) en comparación con las plantas que fueron fertilizadas sólo con humus de lombriz o con la mezcla de humus de lombriz más sintético. Probablemente estos resultados se deben a la rápida disponibilidad del nitrógeno proveniente del fertilizante sintético 18-46-0 en comparación con el disponible en los fertilizantes orgánicos (en este caso, humus de lombriz).

Algunos autores (Castro *et al*, 2009; Durán y Henríquez, 2010) señalan que los fertilizantes orgánicos tardan mayor tiempo en liberar los nutrientes y por lo tanto no se encuentran rápidamente disponibles para las plantas. Es posible que éste haya sido nuestro caso.

Además, estos mismos autores, citan que los abonos orgánicos se catalogan como enmiendas o mejoradores del suelo, por lo que usualmente las cantidades que se aplican son más altas y variables en comparación a los fertilizantes sintéticos. Este aspecto como se verá mas adelante, tiene repercusiones directas en los costos de producción.

El uso de diferentes variedades no ejerció ninguna influencia sobre la variable área foliar, aunque se puede observar en el Cuadro 7 que la variedad INTA-Masatepe obtuvo valores numéricos mayores en comparación a las otras dos variedades, aunque son similares a los obtenidos con la variable INTA-Rojo.

Cuadro 7. Efecto de la fertilización y la variedad sobre el área foliar en el cultivo de frijol. El Rincón, primera 2010.

Fertilización	Área foliar (cm²)	Variedades	Área foliar (cm²)
Humus de lombriz	22.36 b	INTA-Rojo	25.43 a
Humus de lombriz + sintético	24.57 b	INTA-Masatepe	25.45 a
Sintético (completo 18-46-0)	28.52 a	Criolla	24.58 a

El área foliar, según el CIAT (1993), es una variable de suma importancia para la fotosíntesis en la producción de carbohidratos, por lo que aumenta la materia seca y la respiración, procesos importantes para el crecimiento y liberación de CO₂. Es uno de los parámetros más importantes en la evaluación del crecimiento de las plantas, de ahí que la determinación adecuada sea fundamental para la correcta interpretación de los procesos y desarrollo del cultivo (Torres y Mendoza, 2002).

Marengo y Montserrat (2003) evaluando el crecimiento y rendimiento de seis poblaciones de frijol común y Torres y Mendoza (2002) al evaluar fertilización orgánica y sintética sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol, obtuvieron valores superiores a los obtenidos en este estudio para la variable área foliar, reportando valores promedios mayores a los 40 cm² y mencionan que al incrementarse el aporte de nitrógeno en el cultivo de frijol se produce un aumento de compuestos solubles y proteínas, con el aumento de contenido proteico, las hojas crecen más y se aumenta la superficie del área foliar y con ello la capacidad para incrementar la fotosíntesis, lo que a su vez, produce mayor desarrollo radicular, más materia seca y rendimientos más elevados.

4.2. Análisis de varianza (ANDEVA) para el rendimiento de grano y sus componentes en el cultivo de frijol, localidad El Rincón, Darío-Matagalpa, 2010.

El ANDEVA realizado (Cuadro 8) muestra que el tipo de fertilización incidió significativamente en los valores promedios de los componentes del rendimiento: número de vainas por planta y número de granos por vaina. Por otro lado, se detectaron diferencias significativas entre variedades en los valores promedios del número de granos por vaina. En lo relacionado al rendimiento de grano y peso de mil granos, ni el tipo de fertilización ni la variedad afectó significativamente los valores promedios de dichas variables. Por último, no se registraron evidencias significativas para la interacción fertilización*variedad para ninguna de las variables antes mencionadas.

Cuadro 8. Significancia estadística, coeficiente de variación y de determinación de cuatro variables de rendimiento en el cultivo de frijol, primera 2010.

Fuentes de variación	Vainas/ Planta	Granos/ vaina	Peso 1000 granos (g)	Rendimiento (kg ha⁻¹)
Réplica	0.0001	0.0001	0.0242	0.0023
Fertilización	0.0215	0.0071	0.9225	0.2621
Réplica*Fertilización	0.0148	0.0063	0.7995	0.0121
Variedad	0.3314	0.0287	0.3288	0.7755
Fertilización*Variedad	0.9070	0.5301	0.0815	0.9543
CV (%)	14.77	31.62	16.07	31.49
R ²	0.84	0.73	0.6	0.73

CV (%): coeficiente de variación, R²: coeficiente de determinación.

4.2.1. Efecto de la fertilización sobre el número de vainas por planta y número de granos por vaina en el cultivo de frijol.

El rendimiento del cultivo de frijol está definido por muchas variables, entre ellas el número de vainas por planta y el número de granos por vaina, dichas variables están en dependencia del número de flores que tenga la planta durante la etapa de floración y la influencia de factores ambientales como: nutrientes, humedad, luz y espacio, lo que condiciona que no se demore el crecimiento de las partes del órgano de la flor, dando como resultado un mayor desarrollo del grano y un mayor peso del mismo (Peralta, 2000).

Los resultados reflejados en el Cuadro 9 muestran que al utilizar el fertilizante 18-46-0 en comparación con el uso de humus de lombriz, se obtuvo de manera significativa un mayor número de vainas por planta (11) y número de granos por vaina (6). Por otro lado, al fertilizar con una mezcla proporcional compuesta con los fertilizantes antes mencionados, los valores promedios obtenidos para las variables descritas en el Cuadro 9 resultaron intermedios.

Cuadro 9. Efecto de la fertilización sobre número de vainas por planta y número de granos por vaina en frijol.

Fuente de fertilización	Número de vainas por planta	Número de granos por vaina
Humus de lombriz	8.85 b	4.99 b
Humus de lombriz + sintético	9.13 ab	5.15 ab
Sintético (Completo 18-46-0)	10.51 a	5.46 a

Los hallazgos anteriores favorecen el uso de fertilizantes sintéticos en los valores promedios de las variables número de vainas por planta y número de granos por vaina, ambos componentes importantes del rendimiento. El efecto rápido de los fertilizantes sintéticos en la expresión de determinadas características de la planta ha sido reportado por diversos autores. Por ejemplo Hamid y Nasab (2001) y Greef *et al.* (1999), reportaron valores promedios mayores en los componentes de rendimiento de maíz al ser fertilizados con productos sintéticos en comparación con productos orgánicos aduciendo lo anterior a la mayor disponibilidad de los nutrientes aportados a través de la fertilización sintética.

Lara y Hernández (2002) obtuvieron resultados similares al evaluar 49 genotipos de frijol, coincidiendo con Torres y Mendoza (2002) y Corea y López (2001), quienes mencionan el mayor número de vainas por planta utilizando tratamientos sintéticos en comparación con tratamientos orgánicos.

A pesar de lo anterior, es importante recalcar que la reducción a la mitad de la cantidad a utilizar del fertilizante sintético parece no afectar de manera significativa los valores promedios de las variables en discusión. Esto se reflejó en el resultado obtenido con la mezcla de humus de lombriz y fertilizante sintético empleada en este estudio ya que la evidencia obtenida (Cuadro 9), aunque no es conclusiva, refleja que es posible obtener valores promedios similares a los obtenidos con la fertilización sintética.

De demostrarse la tendencia reflejada en el párrafo anterior, esto podría tener un impacto positivo en la protección tanto del medio ambiente, con la reducción del uso de químicos, así como en la economía de la familia campesina, al reducir los costos de producción sin la afectación del rendimiento.

4.2.2. Efecto de la Variedad sobre el número de vainas por planta y número de granos por vaina en el cultivo de frijol.

En el Cuadro 10 se observa que las distintas variedades no muestran diferencias estadísticas significativas para la variable número de vainas por planta, en cambio para la variable número de granos por vaina, la variedad criolla mostró un mayor número de granos por vaina (5.34) en comparación con la variedad mejorada INTA-Masatepe (4.98). Con relación a la variedad INTA-Rojo, presentó valores intermedios.

Cuadro 10. Efecto de la variedad para las variables número vainas por planta y número de granos por vaina.

Varietades	Número de vainas por planta	Número de granos por vaina
INTA-Rojo	9.85 a	5.29 ab
INTA-Masatepe	9.00 a	4.98 b
Criolla	9.64 a	5.34 a

En general, los resultados obtenidos en este ensayo no muestran evidencia de la superioridad clara de una variedad para la mayoría de las variables estudiadas, con excepción de número de granos por vaina. Los resultados reflejados en el Cuadro 10, muestran que la variedad criolla presentó, desde el punto de vista estadístico, un valor promedio ligeramente mayor de granos por vaina (5.34 granos) en comparación con una de las dos variedades mejoradas evaluadas. En general el valor promedio de granos por vaina fluctúa entre 5 y 7 granos (INTA-PROMESA, 2002). Lo anterior coincide con algunos resultados obtenidos por Alvarado y Urbina (2006) y con los encontrados en este ensayo.

Joya y Leiva (2006), mencionan que el comportamiento de la producción de granos por vaina está ligado a condiciones de alta intensidad de radiación solar y al incremento del área foliar, aumentando la capacidad fotosintética de la vaina y formando de esta manera nutrientes que estimulan la formación de granos. A pesar que la producción de granos es una característica heredable, los resultados no deben tomarse como absolutos ya que diversos factores afectan esta variable, como por ejemplo estrés hídrico, elevadas temperaturas y altas precipitaciones (Marini, 1993). Los resultados del presente estudio no coinciden con los reportados por Trujillo y Úbeda (2004) y Moraga y Romero (2009), quienes no obtuvieron diferencias significativas para dicha variable.

4.2.3. Efecto de la fertilización y de la variedad sobre la variable peso de 1000 granos.

Las distintas fuentes de fertilización así como el uso de las tres variedades en el presente estudio, no ejercieron ninguna influencia sobre la variable peso de 1000 granos en el cultivo de frijol, ya que los valores resultaron ser no significativos para dicha variable. A pesar de lo antes dicho, en el Cuadro 11 se aprecia que al fertilizarse con humus de lombriz y utilizando la variedad INTA-Rojo se obtienen valores promedios numéricos superiores en comparación a los demás.

Cuadro 11. Valores promedios y separación de medias para la variable peso de 1000 granos en el cultivo de frijol.

Fertilización	Peso 1000 granos (g)	Variedades	Peso 1000 granos (g)
Humus de lombriz	169.46 a	INTA-Rojo	176.22 a
Humus de lombriz + sintético	166.94 a	INTA-Masatepe	159.52 a
Sintético	165.06 a	Criolla	165.73 a

4.2.4. Efecto de la fertilización y la variedad sobre el rendimiento de grano en el cultivo de frijol.

Con relación a la variable primaria del presente estudio, el rendimiento de grano, a como se mencionó anteriormente, no se detectaron diferencias significativas ni entre la fertilización ni entre variedades. De igual manera, el comportamiento de cada variedad no dependió del tipo de fertilización utilizada (Cuadro 8).

Alvarado (2000), menciona que el rendimiento del grano es el principal objetivo a alcanzar y es la principal variable de cualquier cultivo, la que determina la eficiencia con que las plantas hacen uso de los recursos existentes en el medio, unido al potencial genético de la variedad. Maqueda *et al.* (2011), afirman que el rendimiento de grano depende del tipo de fertilización suministrada. Asimismo, agregan que el uso de los abonos orgánicos, pueden proporcionar beneficios a largo plazo en la fertilidad del suelo. Los valores promedios para la variable rendimiento de grano, se muestran en el cuadro que sigue a continuación:

Cuadro 12. Valores promedios para la variable rendimiento de grano en el cultivo de frijol, comunidad El Rincón, primera, 2010.

Fertilización	Rendimiento (kg ha⁻¹)	Variedades	Rendimiento (kg ha⁻¹)
Humus de lombriz	654.29	INTA-Rojo	617.22
Humus de lombriz + sintético	538.22	INTA-Masatepe	586.88
Sintético (Completo 18-46-0)	655.26	Criolla	643.70
Prob F	0.2621	Prob F	0.7755

En términos generales el rendimiento de grano obtenido en este ensayo fue menor al valor promedio nacional, ya que según MAGFOR (2012), el rendimiento promedio para el año 2011 fue de 762.72 kg ha⁻¹. De manera adicional y según la clasificación del rendimiento que se puede obtener en parcelas experimentales para América Latina propuesta por Voysest (1991), éstos resultados (Cuadro 12) son menos que marginales (menos de 1000 a 1200 kg ha⁻¹). Los bajos rendimientos de grano obtenidos por las tres variedades pudieron ser debido a las altas precipitaciones (620 mm) registradas durante el período que se realizó el estudio, sobre todo en la etapa de formación y llenado del grano (Figura 1).

Dado la falta de evidencias en este estudio para considerar las diferencias entre los valores promedios para rendimiento como estadísticamente significativas, el agricultor puede utilizar cualquiera de las tres variedades estudiadas y fertilizarlas con cualquiera de las fuentes de fertilizante evaluadas.

Bajo las circunstancias anteriores, la variedad criolla podría ser la mejor opción para el agricultor ya que es una alternativa local conocida y disponible su semilla en cualquier momento, ya que es producida por el mismo. Con relación a la fertilización utilizada, la situación es un poco diferente ya que si bien, en teoría, cualquiera de las tres fuentes pueden utilizarse dado la no significancia estadística de su uso en el rendimiento de grano, la realidad es que los costos de elaboración (ver en el siguiente acápite) del humus de lombriz son demasiado elevados para ser utilizados como aportadores de nutrientes. En este sentido (Castro *et al.*, 2009) recomienda mejor utilizarlo como mejorador de las propiedades de los suelos, lo que indirectamente puede repercutir en altos rendimientos.

En base a los resultados antes descritos y tomando en consideración los objetivos planteados al inicio del presente estudio se puede aseverar por las evidencias encontradas que las diferencias encontradas entre los valores promedios de la variable rendimiento no se debieron al efecto de los tratamientos en estudio: tipo de fertilizante y variedad.

Desde el punto de vista práctico la variedad criolla es una buena alternativa para ser utilizada por los agricultores en aquellos ambientes y formas de manejo similares a los observados durante el ensayo (Figura 1) que resultaron en lo referente a precipitaciones no las más adecuadas para el cultivo de frijol.

En lo relacionado a las diferentes fuentes de nutrientes, si bien, en teoría da lo mismo utilizar cualquiera de ellos por lo expresado anteriormente, se podría considerar como una alternativa viable, por el momento, el uso de la mezcla proporcional de abono orgánico y del fertilizante sintético, ya que a como lo mencionan Altieri (1994) y Montesinos (1998) representan una alternativa muy útil y realista para aumentar los rendimientos y fertilidad del suelo, y evitar la contaminación del ambiente.

En resumen se puede decir que el ensayo de campo permitió el cumplimiento de los objetivos específicos planteados al inicio del estudio, ya que además de determinar el rendimiento de grano de las variedades de frijol estudiadas, permitió conocer que la fertilización y las variedades no ejercen ninguna influencia significativa sobre el rendimiento y, que el tratamiento sintético resulta ser el que menos incurre en gastos y genera los mayores beneficios netos.

4.3. Análisis económico

4.3.1. Análisis de presupuesto parcial

Según CIMMYT (1988), el paso inicial al efectuar un análisis económico de los ensayos en campo es calcular los costos que varían para cada uno de los tratamientos, es decir costos relacionados con insumos, mano de obra, preparación del suelo, que varían de un tratamiento a otro. A este análisis económico se le conoce como análisis de presupuesto parcial.

Los costos variables totales en el estudio se determinaron con relación al costo de los fertilizantes más costos de transporte y aplicación. Los rendimientos obtenidos fueron reducidos en un 10% a fin de reflejar las diferencias entre el rendimiento experimental y el rendimiento que el productor podría obtener utilizando la misma tecnología. El rendimiento ajustado fue multiplicado por el precio del producto para obtener el beneficio bruto. En cuanto al beneficio neto obtenido fue el resultado del beneficio bruto menos los costos variables para cada tratamiento.

El análisis económico determinado para los diferentes tratamientos (fuente de fertilizantes) presenta en términos de costos variables U\$ 263.2 para el tratamiento a_1 ; U\$ 192.39 para el tratamiento a_2 y U\$ 121.1 para el tratamiento a_3 . El cuadro 11 muestra los valores obtenidos al analizar los costos variables y el beneficio neto de cada uno de los tratamientos.

Cuadro 13. Resultado de análisis de presupuesto parcial realizado a los tratamientos evaluados en el cultivo de frijol, El Rincón, Darío-Matagalpa, primera 2010.

Indicadores	a ₁ (humus de lombriz)	a ₂ (Humus de lombriz + sintético)	a ₃ (sintético)
Rendimiento Kg ha ⁻¹	654.29	538.22	655.26
10% ajuste	65.429	53.822	65.526
Rendimiento Ajustado	588.861	484.398	589.734
Beneficio Bruto	871.51	716.9	872.8
Costo del fertilizante	133.3	118.5	103.7
Costo del transporte	69.5	39.75	10
Costo aplicación(MO)	60.87	34.14	7.4
Costos variables totales	263.2	192.39	121.1
Beneficio neto	608.31	524.51	751.7

Tratamiento a₁: Humus de lombriz, Tratamiento a₂ : Humus de lombriz + sintético (Completo 18-46-0), Tratamiento a₃ : Completo 18-46-0. *Cambio oficial del dólar: septiembre 2010 (21.60 córdobas)

4.3.2. Análisis de dominancia.

Luego de haber realizado el análisis de presupuesto parcial, se procedió a determinar cuáles de los tratamientos han sido dominados y cuáles no. Un tratamiento es dominado por otro tratamiento cuando tienen beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos (CIMMYT, 1988).

El análisis de dominancia (Cuadro 14) determinado para los diferentes tratamientos muestra que existen dos tratamientos dominados (a₁ y a₂) y un tratamiento no dominado (a₃), esto se debe a que los costos variables en el tratamiento a₃ son bajos y su respectivo beneficio neto es mayor.

Cuadro 14. Análisis de dominancia para los tratamientos evaluados en el cultivo de frijol, El Rincón, Darío-Matagalpa, primera 2010.

Tratamiento	Costos variables	Beneficio neto	Dominancia
	US \$	US \$	
a ₃	121.1	751.7	ND
a ₂	192.39	524.51	D
a ₁	263.2	608.31	D

Tratamiento a₁: Humus de lombriz, Tratamiento a₂: Humus de lombriz + sintético (Completo 18-46-0),
 Tratamiento a₃: Completo 18-46-0.

4.3.3. Análisis de Retorno Marginal

Según la metodología del CIMMYT (1988), para realizar el análisis de retorno marginal se deben obtener al menos dos tratamientos no dominados en el análisis de dominancia para establecer comparación entre ellos. En este estudio, no se puede realizar el análisis de dominancia debido a que, solamente un tratamiento resultó no dominado. La tasa de retorno marginal revela exactamente cómo los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida.

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados encontrados en este estudio, se pueden hacer las siguientes conclusiones:

1. El valor promedio de altura de plantas se vio afectado marcadamente por el efecto combinado de la variedad y el tipo de fertilizante, mostrando la variedad INTA-Masatepe fertilizada con abono completo 18-46-0 las plantas más altas.
2. De los dos factores en estudio el tipo de fertilizante aplicado permitió una mayor diferenciación entre los valores promedios de un mayor número de variables entre ellas las siguientes: área foliar, número de vainas por planta y número de granos por vaina. Para las tres variables indicadas, los mayores valores promedios se obtuvieron con el uso del fertilizante sintético.
3. Únicamente la variable número de granos por vaina resultó afectada de forma significativa por el uso de distintas variedades, siendo la variedad criolla la que presentó el mayor valor promedio para la variable en mención.
4. El uso de distintos tipos de fertilizantes y de variedades no tuvo un efecto significativo sobre la variable rendimiento de grano, por lo que bajo condiciones ambientales y de manejo similares a las observadas en este estudio el agricultor podría seleccionar la opción que le resulte más favorable desde el punto de vista económico y de disponibilidad de la semilla.
5. El análisis económico realizado a las alternativas de fertilización, mostró que el tratamiento A₃ (sintético) resulta ser el único tratamiento que presenta los menores costos variables totales y genera más beneficios netos, en comparación a los tratamientos mixto y orgánico.

VI. RECOMENDACIONES

- Basado en el presente estudio de tesis, primeramente se recomienda que la aplicación del humus se realice quince días antes de la siembra, preferiblemente si el suelo se encuentra húmedo, para que los minerales puedan agregarse a la solución del suelo y se encuentren asimilables para la planta, cuando ésta los requiera.
- Continuar realizando estudios en el cultivo de frijol, para obtener datos concisos que indiquen si la fertilización orgánica logra superar a la fertilización sintética a largo plazo, debido a que en nuestro estudio, no se pudo comprobar esto, porque en la localidad donde establecimos el ensayo fue la primera vez que se aplicó fertilización orgánica.

VII. LITERATURA CITADA

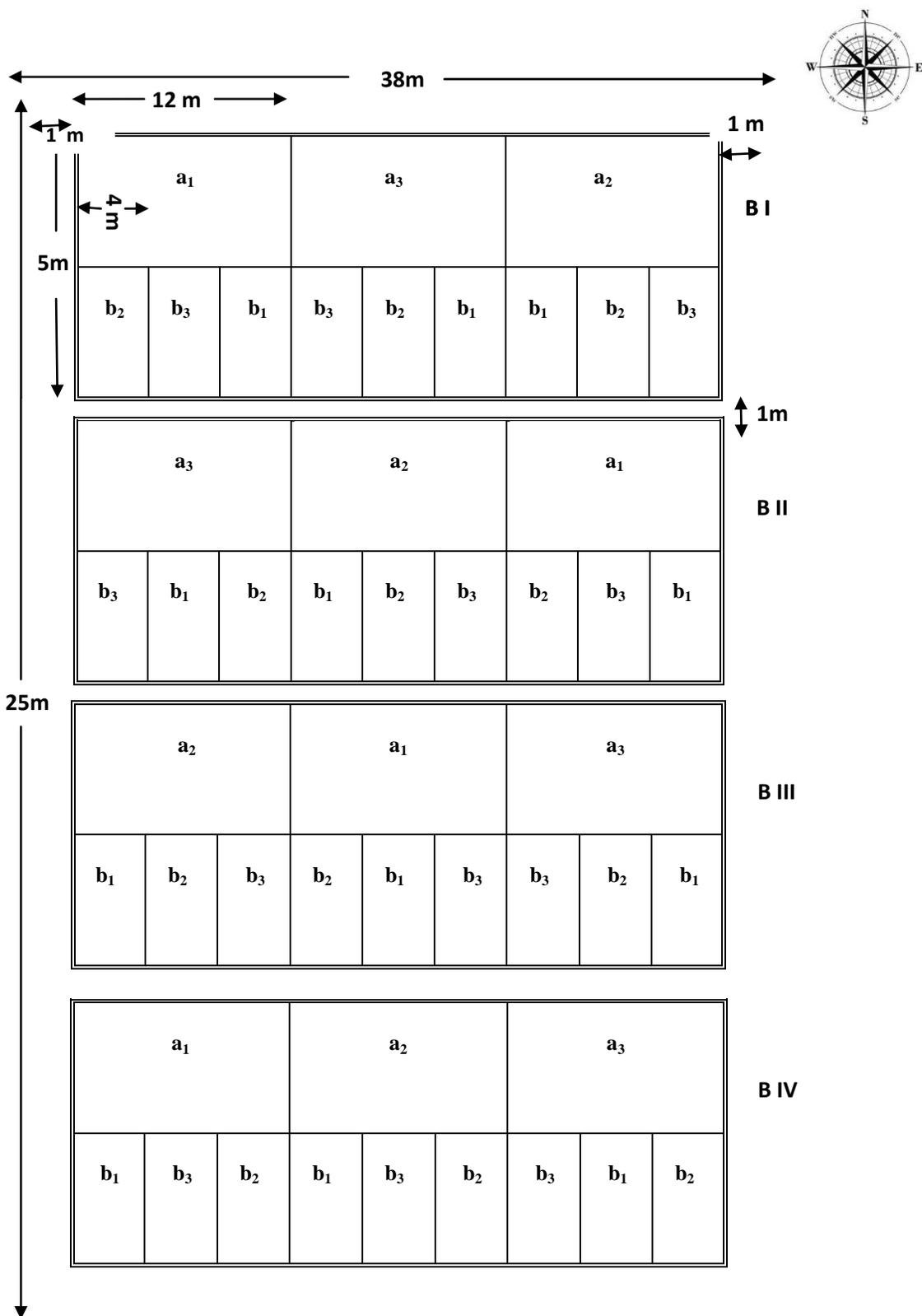
- Acevedo, H.; Chávez, J. 2010. Comportamiento de cinco variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y una de caupí (*Vigna unguiculata* L. Walpers), fertilizadas con vermicompost en la época de postrera, Diriamba, Carazo, 2008. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 33 p.
- Alemán, F. (2004). Manejo de arvenses en el trópico – 2ª ed. Managua, NI. Imprimatur, Universidad Nacional Agraria, DIEP.179 p.
- Altieri, M. A. 1994. Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable. Agricultura técnica, 54(4): p 371-386.
- _____ 1995. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Norland Comunidad. Montevideo, UR. 313 p.
- Altieri, M.; Nicholls, C. 2000. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Primera edición. México, D. F. 250 p.
- Alvarado, G.; Urbina, E. 2006. Evaluación de trece genotipos de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris* L.), apante 2005, Yolaina, Nueva Guinea. RAAS. Tesis Ing. Agr. UNA-Sede Juigalpa. Chontales, NI. 18 p.
- Alvarado, N. 2000. La fertilización orgánica del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) y mejoramiento de 3 componentes de su sistema tradicional de producción. Managua, NI. 25 p.
- Arzola, N.; Fundora, O; Machado, J. 2003. Suelo, planta y abonado. Editorial pueblo y educación, primera reimpresión. La Habana, CU. 461 p.
- BCN (Banco Central de Nicaragua). 2012. Dirección de Estadísticas. Consultado el 19/09/2012. Disponible en: www.bcn.gob.ni
- Castro, A.; Henríquez, C.; Bertsch, F. 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. En: Agronomía Costarricense 33 (1). p 31-43.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. México, D.F.
- CIAT, 1993. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Ed. AV, Schoonhoven. CO. 56 p.
- Cisne, D.; Laguna, R. 2004. Estudio comparativo de la producción orgánica y tradicional de papa (*Solanum tuberosum* L), en Mirafior, Estelí. Revista La Calera. Año 4, vol.4:5-9p.

- Cisneros, R. 2000. Efecto del abono orgánico en el cultivo de hortalizas (Ayote, *Cucurbita moschata*, Pipián, *Cucurbita pepo*) y granos básicos (Soya, *Glycine max*, Maíz, *Zea mays L.*). Tesis, Ing. Agr. UNA, Facultad de Agronomía, Managua, NI. 35 p.
- Corea, M; López, D. 2001. Efecto de fertilización mineral y orgánica y control de malezas en el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) bajo sistemas de callejón con madero negro (*Gliricidia sepium*) y convencional, Sabana Grande, Managua. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Managua, NI. 65 p.
- Durán L.; Henríquez, C. 2010. El vermicompost: su efecto su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. En: *Agronomía Mesoamericana* 21 (1). p 85-93.
- Greef, M, H.; Ott, R.; F. Wulfes Taube, 1999. Growth analysis of dry matter accumulation and N uptake of forage maize cultivars affected by N supply. *The Journal of Agricultural Science* (1999), 132: 31-43.
- Hamid, A.; Nasab, M, 2001. The effect of various plant densities and N levels on phenology of two medium maturity corn hybrids. *Iranian J. Agric Sci.*, 32: 857-87.
- IICA. 2009. Guía técnica para el cultivo de frijol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del departamento de Boaco, NI. 23 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2012. Registro de datos meteorológicos. Managua, Nicaragua.
- INIFOM (Instituto nicaragüense de fomento municipal, NI). 2007. Ficha municipal de Darío, Matagalpa. (En línea). Consultado 15 mayo 2012. Disponible en: http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/MATAGALPA/ciudad_dario.pdf
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2009. Cultivo del frijol. Guía tecnológica para la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*). Managua, NI. 28 p.
- INTA-PROMESA. 2002. Catálogo de semillas, híbridos y variedades. Proyecto de mejoramiento de Semillas. Managua, NI. 48 p.
- IPADE (Instituto para el Desarrollo y la Democracia). 2009. Guía técnica Abonos orgánicos. Managua, NI. Primera edición. 56 p.
- Joya, E.; Leiva, Z. 2006. Evaluación preliminar de 36 genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) en la época de postrera en la comunidad de Mancico, Somoto. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 28 p.
- Lara, L.; Hernández, J. 2002. Respuesta de 49 genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) a fertilización mineral bajo condiciones de La Compañía, Carazo. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria, Managua, NI. 43 p.

- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal). 2012. Informe de producción agropecuaria (abril, 2012). Managua, NI.
- Maqueda, F; Herencia, J.; Ruiz, M. 2011. Organic and inorganic fertilization effects on DTPA- extractable Fe, Cu, Mn and Zn, and their concentration in the edible portion of crops. *The Journal of Agricultural Science*, 149, p 461-472.
- Marengo, I.; Monserrat, G. 2003. Evaluación del crecimiento y rendimiento de seis poblaciones de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en la localidad de San Marcos, Carazo. Trabajo de diploma. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 19 p.
- Marini, D.; Vega, I.; Maggionini, L. 1993. Genética Agraria. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 346 p.
- Montesinos, C. 1998. La fertilidad en la agricultura orgánica, *Chile Agrícola*, 235, p 247-251.
- Moraga, M.; Romero, L. 2009. Muestreo y caracterización de arvenses en manejo tradicional y alternativo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de Masatepe, Masaya. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 44 p.
- Peralta, M. A. 2000. Influencia de períodos de control de malezas sobre el crecimiento y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) var. DOR-364. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 31 p.
- SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). sf. Abonos orgánicos. México. D. F. 8 p.
- SIMAS (Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible). 2012. Bancos comunitarios de semilla: siembra y comida. Ed. EDISA. Managua, NI. 44 p.
- Somarriba, R. 1997. Granos básicos. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 195 p.
- Torres, J.; Mendoza, J. 2002. Efecto de la fertilización mineral, orgánica y control de malezas sobre crecimiento y rendimiento en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de ladera, establecido bajo dos sistemas de labranza. Tiquantepe, postrera 2000. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 75 p.
- Trujillo, N.; Úbeda, I. Efecto del revestimiento de la semilla con fósforo sobre el crecimiento y rendimiento de tres variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 43 p.
- Voysest, O. 1991. Mejoramiento de frijol por introducción y selección. En: *Frijol: investigación y producción*. 2ª ed. CIAT, Cali, CO. p 96-97.

VIII. ANEXOS

8.1. Plano de campo de un experimento en parcelas divididas en BCA para el cultivo del frijol, El Rincón, Darío-Matagalpa, primera 2010.



8.2. Análisis químico del humus de lombriz realizado en el Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la UNA.

Cuadro 15. Resultados del análisis químico del humus de lombriz.

pH	MO (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
6.8	51.4	2.22	0.88	0.64	3.01	0.51

8.3. Cálculos del aporte de nitrógeno por las diferentes fuentes de fertilización utilizadas en el experimento.

Aporte de nitrógeno (N) del humus de lombriz (HL) para el nivel a₁ (Ver cuadro 2).

$$\begin{array}{l} 45.45 \text{ kg HL} \text{ --- } 1.009 \text{ kg N} \\ x \qquad \qquad \qquad 22.90 \text{ kg N} \end{array}$$

$$x = 1031.52 \text{ kg HL}$$

Aporte de N por el humus de lombriz y el fertilizante completo 18-46-0 para el nivel a₂ (Ver cuadro 2).

$$\begin{array}{l} 45.45 \text{ kg HL} \text{ --- } 1.009 \text{ kg N} \\ x \qquad \qquad \qquad 11.45 \text{ kg N} \end{array}$$

$$x = 515.76 \text{ kg HL}$$

$$\begin{array}{l} 45.45 \text{ kg 18-46-0} \text{ --- } 8.182 \text{ kg N} \\ x \qquad \qquad \qquad 11.45 \text{ kg N} \end{array}$$

$$x = 63.60 \text{ kg 18-46-0}$$

Aporte de N por el fertilizante completo 18-46-0 para el nivel a₃ (Ver cuadro 2).

$$\begin{array}{l} 45.45 \text{ kg 18-46-0} \text{ --- } 8.182 \text{ kg N} \\ x \qquad \qquad \qquad 22.90 \text{ kg N} \end{array}$$

$$x = 127.2 \text{ kg 18-46-0}$$

8.4. Cálculos de nitrógeno y fósforo del humus de lombriz para obtener un rendimiento de 130 kg ha⁻¹.

$$\begin{array}{r} 1031.52 \text{ kg humus} \text{ --- } 654.29 \text{ kg ha}^{-1} \\ x \qquad \qquad \qquad 130 \text{ kg ha}^{-1} \end{array}$$

$$x = 204.95 \text{ kg humus} = 4.5 \text{ quintales}$$

Cálculo de la cantidad de nitrógeno (N)

$$\begin{array}{r} 45.45 \text{ kg humus} \text{ ---- } 1.009 \text{ kg N} \\ 204.95 \text{ kg humus} \qquad \qquad x \end{array}$$

$$x = 4.55 \text{ kg N}$$

Cálculo de la cantidad de fósforo (P)

$$\begin{array}{r} 45.45 \text{ kg humus} \text{ ---- } 0.4 \text{ kg P} \\ 204.95 \text{ kg humus} \qquad \qquad x \end{array}$$

$$x = 1.80 \text{ kg P}$$