

EL ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Respuesta de tres variedades de frijol a cinco métodos de fertilización

Trabajo de graduación presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero Agrónomo en
el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

Gustavo Adolfo Pagoaga Galeano

HONDURAS
Diciembre, 2003

El autor concede a El Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor

Gustavo Adolfo Pagoaga Galeano

Honduras
Diciembre, 2003

**Respuesta de tres variedades de frijol a cinco
métodos de fertilización**

Presentado por:

Gustavo Adolfo Pagoaga Galeano

Aprobada

Pablo E. Paz, Ph.D.
Asesor Principal

Alfredo Rueda, Ph.D.
Coordinador de Área Temática

Juan Carlos Rosas, Ph.D.
Asesor

Jorge Iván Restrepo, M.B.A.
Coordinador de Carrera Ciencia
y Producción Agropecuaria

Carlos Gauggel, Ph.D.
Asesor

Antonio Flores, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A mi Dios.

A toda mi familia por su apoyo incondicional.

A todas las personas que me apoyaron y confiaron en mí.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Arturo y Lorena, sin ellos no viera podido alcanzar mis sueños.

A mis hermanos Delia, Mabel y Arturo por creer en mí.

A mis abuelos Adolfo e Hilda por sus consejos y su cariño.

A mi primo Carlos Augusto por darme ánimos y consejos.

A Ismael y Carlos por apoyarme y brindarme su hermandad.

A toda la familia Galeano por darme el apoyo de lograr este sueño.

A la familia Midence Andrade por creer en mí y brindarme su amistad

A mi amigo Gustavo, como un homenaje póstumo, por haberme enseñado muchas cosas y brindarme su eterna amistad en los momentos de soledad y alegrías.

Al Dr. Pablo E. Paz por ayudarme y brindarme su tiempo.

Al Dr. Carlos Gauggel por ser un buen maestro y un buen amigo.

Al Dr. Juan Carlos Rosas por aconsejarme y brindarme todo su apoyo.

O. Mendoza, F. Cueva, M. Díaz, E. Peña, G. Girón, C. Enamorado, J. López, J. Ledezma, J. Raudales, L. De Jesús, A. Pineda, C. Soto, J. Rendón, J. Fernández, H. Galo, M. Martínez, E. Lardizábal, S. Orellana, C. Castillo y a todos mis amigos en Zamorano por su amistad sincera.

A todos mis maestros por sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

A la Secretaría de Agricultura y Ganadería por ayudar al financiamiento parcial de mis estudios en Zamorano.

A Food For Progress por su ayuda financiera para terminar mis estudios en Zamorano.

RESUMEN

Pagoaga, Gustavo Adolfo. 2003. Respuesta de tres variedades de frijol a cinco métodos de fertilización. Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 18 p.

La fertilización nitrogenada en los cultivos es una práctica común e importante para los productores porque corrige las deficiencias nutrimentales de la plantas. El nitrógeno favorece el buen desarrollo vegetativo y mejora el rendimiento y la calidad de los productos. El objetivo de este estudio fue determinar la reacción de tres variedades modernas a cinco métodos de fertilización nitrogenada buscando aumentar la eficiencia en el uso de este elemento. El estudio se realizó en La Chorrera en el área de San Nicolás, departamento de Francisco Morazán, Honduras. En este ensayo se utilizó un arreglo factorial 3×5 en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Se aplicaron cinco métodos de fertilización: Tradicional a los 30 días después de la germinación (DDG) de forma edáfica; edáfica modificada fraccionando los tiempos de aplicación a los 20 y 40 días DDG; edáfica a los 20 días DDG y foliar a los 26 días DDG; foliar con dos fraccionamientos a los 20 y 40 DDG y foliar con tres fraccionamientos a los 15, 30 y 45 DDG. Se emplearon tres variedades (Tío Canela-75, Amadeus 77 y Carrizalito). El análisis estadístico usado fue ANDEVA y separación de medias SNK, utilizando una significancia de ($P \leq 0.1$). Las variables fenológicas días a floración y días a madurez fisiológica mostraron diferencias significativas a la interacción variedad $\times$ fertilizante, lo que pudo indicar que los días a floración estuvo condicionado a factores genéticos propios de cada variedad. Las variables de rendimiento revelaron diferencias significativas ($P \leq 0.1$) en número de vainas por planta, tamaño del grano y rendimiento. Existe respuesta de las variedades a los métodos de fertilización, esta respuesta se manifiesta en incremento en rendimiento, obteniendo un método de fertilización óptima para cada variedad. La variedad Tío Canela-75 obtuvo el mejor rendimiento con la fertilización tradicional, Amadeus 77 con la fertilización edáfica y foliar y Carrizalito con la fertilización edáfica modificada.

Palabras clave: Desarrollo vegetativo, fertilización nitrogenada, madurez fisiológica, *Phaseolus vulgaris*, rendimiento.

Abelino Pitty, Ph.D.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firma.....	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimientos a patrocinadores	vi
Resumen	vii
Contenido	viii
Índice de cuadros.....	x
Índice de anexos	xi

INTRODUCCIÓN.....	1
--------------------------	----------

OBJETIVO	3
Objetivo general	3
Objetivo específico.....	3

MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	4
SUELO	4
Características químicas	4
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	4
MATERIALES.....	4
Fertilizantes utilizados.....	4
Material genético	4
TRATAMIENTOS	5
Tratamiento 1, 2, 3.....	5
Tratamiento 4, 5.....	6
MANEJO DEL ENSAYO	6
Preparación del terreno.....	6
Siembra.....	6
Fertilización.....	6
Control de malezas	6
Manejo fitosanitario.....	6
Cosecha.....	6
Secado.....	6
VARIABLES.....	7
Fenológicas.....	7
Rendimiento	7
Análisis estadístico	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
VARIABLES FENOLÓGICAS.....	8

RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES	10
CONCLUSIONES	13
RECOMENDACIONES	14
BIBLIOGRAFÍA	15
ANEXOS	18

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1	Características de las variedades Tío Canela-75, Amadeus 77 y Carrizalito. Zamorano, Honduras, 2003.....	5
2	Efecto de los tratamientos de fertilización sobre la fenología de tres variedades de frijol. Zamorano, Honduras, 2003.....	8
3	Comportamiento de los días a floración de cada método de fertilización dentro de cada variedad. Zamorano, Honduras, 2003.....	9
4	Comportamiento de los días a madurez fisiológica de cada método de fertilización dentro de cada variedad. Zamorano, Honduras, 2003	9
5	Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de tres variedades de frijol. Zamorano, Honduras, 2003.....	10
6	Efecto de los métodos de fertilización sobre el rendimiento en frijol. Zamorano, Honduras, 2003.....	11
7	Número promedio de vainas en tres variedades de frijol. Zamorano, Honduras, 2003.....	11
8	Efecto de los métodos de fertilización sobre el número de vainas por planta. Zamorano, Honduras, 2003.....	12
9	Efecto de las variedades sobre el tamaño del grano en frijol. Zamorano, Honduras, 2003.....	12

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1	Características químicas y físicas de la urea.....	18
2	Resultado de análisis de suelo a los 30 cm de profundidad.....	18

INTRODUCCIÓN

El cultivo del frijol es el segundo cultivo básico de importancia en Honduras después del maíz. La especie *Phaseolus vulgaris* o frijol común es originaria del área mesoamericana ya que en estos países se encuentra una gran diversidad de variedades tanto en forma silvestre como en forma cultivada (Voyses, 1983).

El cultivo de frijol se adapta bastante bien a diferentes tipos de suelo; sin embargo, los más indicados son los de textura franco arcilloso-limoso, con buen drenaje superficial como interno, profundos, ricos y valores de pH entre 5.5 y 6.5 (Salinas, 1976).

Existen muchos factores de suelo que hacen variar la proporción de elementos a incorporar al mismo, tales como salinidad, pH, cantidad de materia orgánica que pueden ser nulos, beneficiosos o perjudiciales en el rendimiento de frijol (Forsythe y Díaz, 1969).

El nitrógeno se encuentra en el suelo en forma, orgánica o mineral. Para que la forma orgánica sea aprovechable, el nitrógeno debe ser transformado a amoníaco por las bacterias amonificantes y luego a nitrato por las bacterias nitrificadoras (Hanway, 1976).

Leleji *et al.* (1982), señalan que una alta fertilización nitrogenada ocasiona una mayor acumulación de proteína una vez que la planta ha recibido todo el nitrógeno para su desarrollo vegetativo y reproductivo.

La absorción de nitrógeno ocurre durante todo el ciclo vegetativo, pero es mayormente absorbido durante la época de floración de la planta e inicio de la formación de la semilla (Masaya, 1969).

Fassbender (1967), señala que la deficiencia de nitrógeno en frijol causa un amarillamiento en las hojas inferiores con desarrollo raquítico y cuando la deficiencia es severa, esta decoloración avanza hacia la parte superior de la planta y el crecimiento se atrofia.

Las deficiencias de N provocan severas reducciones en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reduce el área fotosintética activa (Graham, 1981).

Gerloff (1963), indica que no existe realmente mucha diferencia entre el sulfato de amonio, el nitrato de amonio y la urea como fuentes de nitrógeno para el cultivo de frijol, teniendo una eficiencia alrededor del 50 %. Señala además, que en Brasil, al aplicar todo el fertilizante nitrogenado al momento de la siembra, solamente el 26% de este fertilizante fue aprovechado por la planta.

Los excesos de nitrógeno estimulan un buen desarrollo de los órganos reproductivos; sin embargo, provocan mayor susceptibilidad a plagas, enfermedades y a factores abióticos como viento, sequía y anegamiento (Shaw, 1982).

La técnica de fertilización foliar tiene como ventajas la economía, eficiencia y rapidez en la aplicación y no es considerada como un sustituto a la fertilización tradicional, sino una práctica que sirve de respaldo, garantía o apoyo para suplementar o completar los requerimientos nutricionales de los cultivos que no se pueden abastecer mediante la fertilización común al suelo (Carlson, 1982). Es una práctica común e importante para los productores, porque corrige las deficiencias nutricionales de la plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad de los productos (Sansted, 1976).

La aplicación de urea por vía foliar ha dado pruebas de ser un método efectivo para remediar la escasez momentánea de nitrógeno en muchas plantas (Webster, 1955).

Estudios realizados por Sánchez (1981), determinaron que a medida que se aumenta el nivel de fertilización foliar de forma fraccionada, el contenido de nitrógeno en las diferentes partes de la planta aumenta.

Camargo (1970), informa que en la mayoría de los casos, los nutrimentos aplicados por vía foliar son absorbidos rápidamente y trasladados a otras partes de la plantas.

Lauer (1982), señala que la fertilización foliar puede ser útil para varios propósitos tomando en consideración que es una práctica que permite; abastecer de nutrimentos a la planta que se retienen o se fijan en el suelo, acelerar o retardar alguna etapa fisiológica de la planta, hacer eficiente el aprovechamiento nutrimental de los fertilizantes y reforzar la fertilización edáfica para optimizar el rendimiento de una cosecha.

Bulisani *et al.* (1973), señalan que la técnica de fertilización foliar tiene como ventajas la economía, eficiencia y rapidez en la aplicación, además esta práctica se puede asociar con los controles de plagas y enfermedades.

Wittwer y Teubner (1964), encontraron que la planta de frijol absorbe el 50% de la urea aplicada por las hojas, en un período de 1 a 6 horas y el fósforo, aplicado igualmente por las hojas, lo absorbe en un período de 1 a 6 días.

Altaman (1983), discute la situación diciendo que cuando las semillas se están llenando, los carbohidratos solubles del tallo y la raíz decrecen, mientras que el N, P, K y S requeridos para el desarrollo de las semillas son trasladados desde las hojas y otras partes

vegetativas. El nitrógeno es el componente básico que participa en la síntesis de las proteínas, de la clorofila y enzimas (Baligar y Bennett, 1986).

La urea es un fertilizante sólido con 46 % de nitrógeno, aportando todo el nitrógeno en forma ureica. En esta forma la planta no lo puede absorber, por lo que químicamente debe pasar de forma amoniacal (NH_4) a forma nítrica (NO_3) mediante la ureasa, enzima que hidroliza la urea (Bains, 1967). La fertilización nitrogenada con urea favorece el aumento del área foliar permitiendo mayor captación de energía lumínica; es el fertilizante sólido de más alta concentración y es un producto de elevada solubilidad (Bulinasi y Almeida, 1973). La eficiencia de la urea, depende muy estrechamente de las condiciones de aplicación, debido a su extremada solubilidad y especialmente el riesgo de volatilización en condiciones de suelos alcalinos, calcáreos, temperatura altas, suelo seco y aplicación en la superficie. Estas pérdidas pueden ser sumamente considerables del orden de 30 a 50% en casos extremos (Smittle, 1976).

Para aplicaciones foliares se debe conocer la cantidad de biuret carbamylurea ($\text{NH}_2\text{-CO-NH-CO-NH}_2$) presente ya que posee características tóxicas a cultivos muy susceptibles a éste (Anexo 1). Sanford (1954) recomiendan que el contenido en urea para aplicación foliar sea menor de 1%, ya que cantidades mayores a 3 % causan quemaduras.

Considerando lo anteriormente expuesto, es de gran importancia replantear la aplicación de fertilizante nitrogenado (urea), evaluando diferentes épocas de aplicación en tres diferentes variedades, que permitan cambiar la fertilización edáfica que se ha venido utilizando en la Zamoempresa de Cultivos Extensivos (ZECE); permitiendo además, realizar mayores fraccionamientos de nitrógeno, al ser este un elemento de alta movilidad en el suelo y en la planta, por lo que la suplementación fraccionada permitirá un mayor aprovechamiento, menor uso de maquinaria y sería la base para que a futuro se pueda utilizar la tecnología utilizando el agua de riego mediante el pivote central como vehículo.

Por lo señalado anteriormente las aplicaciones foliares pueden ser una alternativa que puede ser implementada en el área de producción agrícola de Zamorano a mayor escala. El objetivo general de este estudio fue determinar la reacción de tres variedades modernas a cinco métodos de fertilización nitrogenada buscando aumentar la eficiencia en el uso de este elemento. Los objetivos específicos fueron: evaluar la respuesta de las variedades a los diferentes tratamientos que maximicen sus rendimientos y calidad de grano; definir el adecuado fraccionamiento y época de aplicación del fertilizante nitrogenado que permita alcanzar los mejores rendimientos y determinar las mejoras en la eficiencia del uso de fertilizantes nitrogenados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en La Chorrera de San Nicolás, propiedad de Zamorano, ubicada a 32 km al sureste de Tegucigalpa, Departamento de Francisco Morazán, Honduras. El lote se encuentra a una altitud de 800 msnm. La pendiente promedio es de 2%, una precipitación media anual de 1,100 mm y una temperatura media anual de 24 C.

Previo al ensayo se realizó un análisis de suelo a una profundidad de 30 cm, donde se encontró un contenido medio de nitrógeno (0.13%), un contenido alto de fósforo (59 mg/kg), un contenido alto de potasio (466 mg/kg) y un pH moderadamente ácido (5.2). El contenido de materia orgánica fue 2.58 (anexo 2). Con base en los resultados del análisis de suelo, el Laboratorio de Suelos de Zamorano recomendó las cantidades óptimas a suplir al cultivo: N (30 kg/ha), P205 (50/kg/ha) y K2O (40 kg/ha).

La unidad experimental consistió en parcelas de tres metros (seis hileras a 0.5 m y 6 m de longitud. El área útil fueron las hileras centrales recortadas a 5 m. En este ensayo se utilizó un arreglo factorial 3×5 en Bloques Completamente al Azar (BCA) con cuatro repeticiones.

Para la fertilización se utilizaron tres tipos de fertilizantes:

- Se aplicó el fertilizante el 18-46-0 en forma edáfica, cubriendo dos tercios del requerimiento de nitrógeno y todos los requerimientos de fósforo una vez que se presentó la primera hoja verdadera (trifoliada), a razón de 109 kg/ha.
- La urea se utilizó para la suplementación de nitrógeno restante en forma edáfica así como foliar, para cubrir los requerimientos totales de nitrógeno del cultivo, a razón de 22 kg/ha de urea.
- El fertilizante 20-20-20 más micro elementos fue aplicado en forma foliar en uno de los tratamientos, a razón de 5.2 kg/ha.

El material experimental utilizado fueron las variedades Tío Canela-75, Amadeus-77 y Carrizalito liberadas por el Programa de Investigación de Frijol (PIF) de Zamorano. En el Cuadro 1 se muestra una descripción de las características de las variedades utilizadas.

Cuadro 1. Características de las variedades Tío Canela-75, Amadeus-77 y Carrizalito. Zamorano, Honduras, 2003.

Características	Variedades		
	Amadeus-77 ¹	Carrizalito ²	Tío Canela-75 ³
Altura de planta (cm)	48	56	50
Días a floración (DDS)	36-38	35-37	36-38
Color de la flor	Blanca	Blanca	Blanca
Días a madurez fisiológica	66-68	68-70	66-68
Días a cosecha	73-75	76-78	75
Número de vainas/planta	24	28	29
Número de semillas/vaina	7	7	6
Color del grano	Rojo	Rojo	Rojo brillante
Forma	Alargada ovoide	Ovoide	Ovoide
Tamaño	Pequeño	Pequeño	Pequeño
Peso de 100 semillas (g)	24-26	21-23	21-23
Rendimiento (kg/ha)	2600-2900	2900-3200	2600-2900

Fuente: ¹ Rosas, J.C. y Escoto, D. (2003)a

² Rosas, J.C. y Escoto, D. (2003)b

³ Rosas, J.C. (2003).

La fertilización basal se realizó para todos los tratamientos, utilizando 109 kg/ha de 18-46-0, supliendo de esta manera el 67% del N y el 100% de P a los 15 DDG.

La fertilización edáfica se llevó a cabo a la primera hoja verdadera (trifoliada), alrededor de los 15 días después de la siembra (9 DDG). El 33% de nitrógeno restante, se aplicó en forma de urea de manera edáfica y foliar a razón de 22 kg/ha, fraccionándolos según los tratamientos.

Las aplicaciones foliares se hicieron diluyendo los fertilizantes urea y 20-20-20 en 600 litros de agua por hectárea.

Tratamiento 1 (fertilización tradicional de N a los 30 DDG)

El 33% de nitrógeno restante (22 kg/ha de urea) se aplicó a los 30 DDG al suelo.

Tratamiento 2 (fertilización edáfica modificada de N a los 18-35 DDG)

El 33% de nitrógeno restante se fraccionó en dos partes, aplicándose a los 18 y 35 DDG al suelo (11kg/ha de urea en cada aplicación).

Tratamiento 3 (fertilización edáfica N a los 20 DDG y foliar con 20-20-20 a los 26DDG)

Se aplicó la urea en forma edáfica a los 20 DDG, aportado el 33% de nitrógeno restante (22 kg/ha de urea). Adicionalmente, se aplicó foliarmente el fertilizante 20-20-20 más microelementos a razón de 5.2 kg/ha, a los 26 DDG.

Tratamiento 4 (fertilización foliar de N a los 20 y 40 DDG)

En este tratamiento se aplicó la urea en forma foliar, fraccionándose el 33% de nitrógeno restante en dos partes, para ser aplicadas a los 20 y 40 DDG. En cada fraccionamiento se utilizaron 11 kg/ha de urea a una concentración de 1.85% de urea / volumen.

Tratamiento 5 (fertilización foliar de N a los 15, 30 y 45 DDG)

En este tratamiento se aplicó urea en forma foliar, de manera que se fraccionó el 33% de nitrógeno restante en tres partes, aplicados a los 15, 30 y 45 DDG. En cada época de fraccionamiento se utilizaron 7.33 kg/ha de urea (concentración de 1.21% de urea / volumen).

Para la preparación del terreno, primero se realizó una chapeada (corte) para eliminar el voluntario y luego dejando que el material se marchitara. Luego se hizo un pase de rastra pesada y arada profunda (35 cm), con el objetivo de romper el suelo e incorporar materia orgánica. Posteriormente se dió un pase de rastra liviana para afinar los terrones grandes, y luego se usó una cultivadora para la marcación del terreno con hileras espaciadas a 0.5 m.

La siembra se realizó manualmente colocando una semilla cada 5 cm, con el objetivo de asegurar la población deseada. A los 7 DDG se hizo un raleo a una distancia entre planta de 10 cm para obtener una densidad deseada de 200,000 plantas.

Para controlar las malezas, se realizaron dos deshierbas manuales en los surcos, callejones y dentro de la hilera.

Para el manejo fitosanitario, se realizaron dos muestreos durante todo el ciclo del cultivo. El primer control se hizo para crisomélidos, especialmente *Diabrotica spp.*, *Cerotoma spp.* y chupadores como *Empoasca kraemeri*, a los 20 días DDS aplicando Ambush un insecticida piretroide de amplio espectro a razón de 1.2 L/ha. Debido a que no hubo un control total de las plagas, se hizo un segundo control a los 35 DDS contra las mismas plagas y *Thrips*, aplicando Perfekthion, un insecticida órgano fosforado de amplio espectro a razón de 1.6 L/ha.

La cosecha se realizó manualmente, cuando las plantas habían pasado la madurez fisiológica. Luego de cosechadas las muestras fueron secadas en un invernadero, hasta llegar a un contenido promedio de humedad de 14.5 %.

VARIABLES ESTUDIADAS

Fenológicas:

- Altura de planta: seis plantas tomadas al azar en el área útil (tomando tres plantas aleatoriamente por hilera, midiendo desde el cuello de la planta hasta el extremo final de la planta).
- Fecha de floración: Cuando el 50 % de las plantas en el área útil mostraban por lo menos una flor abierta.
- Días a madurez fisiológica: Cuando el 50% de las vainas habían cambiado de color (de verde a crema).

Rendimiento y componentes:

- kg/ha de grano.
- Número de vainas por planta (tomando 10 plantas al azar).
- Número de granos por vaina (tomando 20 vainas al azar).
- Tamaño de grano (peso promedio por 100 semillas, usando dos repeticiones).

Análisis estadístico:

Los resultados fueron analizados en el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) donde se usó análisis de ANDEVA y separación de medias con la prueba SNK.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VARIABLES FENOLÓGICAS

Los resultados generales de los tratamientos sobre la fenología se presentan en el Cuadro 2. El análisis estadístico indicó diferencias significativas ($P \leq 0.1$) en los días a floración y días a madurez fisiológica.

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos de fertilización sobre la fenología de tres variedades de frijol. Zamorano, Honduras, 2003.

Variedades	Métodos de Fertilización	Días		Altura de Planta (cm)
		Floración	M. fisiológica	
Tío Canela-75	F1	34	77	42
	F2	34	77	35
	F3	34	77	37
	F4	34	77	40
	F5	34	77	37
Amadeus 77	F1	33	77	37
	F2	33	76	34
	F3	34	77	42
	F4	35	76	36
	F5	35	77	38
Carrizalito	F1	35	77	39
	F2	36	78	42
	F3	35	78	38
	F4	36	78	41
	F5	35	77	41
VAR	(Pr > F)	***	***	N/S
FERT	(Pr > F)	*	N/S	N/S
VAR x FERT	(Pr > F)	**	*	N/S
CV		1.93	0.78	13.54
R ²		0.70	0.68	0.38

* = ($P < 0.1$), ** = ($P < 0.05$), *** = ($P < 0.01$), N/S = No significativo, F1 = Fertilización tradicional, F2 = Fertilización edáfica modificada, F3 = Fertilización edáfica y foliar, F4 = Fertilización foliar 2 fraccionamientos, F5 = Fertilización foliar 3 fraccionamientos.

La variable días a floración mostró un coeficiente de determinación R^2 de 0.70, lo que significa que el 70% de la variabilidad es efecto de los tratamientos principalmente el efecto varietal y el 30% a factores de origen desconocido. Un coeficiente de variación bajo ($CV = 1.93$), lo que indica que el experimento fue muy bien manejado.

Para la interacción variedad x fertilización se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.1$) sobre días a floración (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comportamiento de los días a floración de cada método de fertilización dentro de cada variedad. Zamorano, Honduras, 2003.

Métodos de fertilización	Variedades		
	Tío Canela-75	Amadeus 77	Carrizalito
F1 (tradicional)	34 a*	33 b	35 a
F2 (edáfica modificada)	34 a	33 b	36 a
F3 (edáfica y foliar)	34 a	33 b	35 a
F4 (foliar 2 fraccionamientos)	34 a	35 a	36 a
F5 (foliar 3 fraccionamientos)	34 a	35 a	35 a

* Tratamientos con las mismas letras no son estadísticamente significativos ($P \leq 0.1$) utilizando la prueba SNK.

Solamente con la variedad Amadeus 77 se observaron diferencias significativas entre los métodos de fertilización, siendo el desempeño bajo los métodos de fertilización F1(tradicional), F2 (edáfica modificada) y F3 (edáfica y foliar) estadísticamente no significativas, obteniendo de esta manera el menor día a floración. También se mostraron diferencias estadísticas no significativas entre los métodos de fertilización F4 (foliar 2 fraccionamientos) y F5 (foliar 3 fraccionamientos). Esto puede indicar que los días a floración está condicionado a factores genéticos propios de cada variedad.

Para la variable días a madurez fisiológica, el R^2 fue de 0.68 y el coeficiente de variación de 78%. Se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.1$) como efecto de la interacción variedad $\times$ fertilizante (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comportamiento de los días a madurez fisiológica de cada método de fertilización dentro de cada variedad. Zamorano, Honduras, 2003.

Métodos de fertilización	Variedades		
	Tío Canela-75	Amadeus 77	Carrizalito
F1 (tradicional)	77 a*	77 a	77 b
F2 (edáfica modificada)	77 a	76 b	78 a
F3 (edáfica y foliar)	77 a	77 a	78 a
F4 (foliar 2 fraccionamientos)	77 a	76 b	78 a
F5 (foliar 3 fraccionamientos)	77 a	77 a	77 b

* Tratamientos con las mismas letras no son estadísticamente significativos ($P \leq 0.1$) utilizando la prueba SNK.

RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES.

Los datos generales de los tratamientos sobre el rendimiento se presentan en el Cuadro 5. El análisis estadístico reveló diferencias significativas ($P \leq 0.1$) en rendimiento, número de vainas por planta y tamaño del grano.

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de tres variedades de frijol. Zamorano, Honduras, 2003.

Variedades	Métodos de fertilización	Rend. (kg/ha)	Número		Tamaño grano (g /100 semillas)
			vainas/planta	semillas/vaina	
Tío Canela-75	F1	1494	12	4	18
	F2	1219	16	4	18
	F3	1175	14	4	19
	F4	1222	14	4	17
	F5	1135	11	4	17
Amadeus 77	F1	1504	12	3	20
	F2	1440	11	4	20
	F3	1616	12	4	20
	F4	1302	12	4	20
	F5	1164	12	3	19
Carrizalito	F1	1214	12	3	20
	F2	1568	15	4	21
	F3	1341	13	4	20
	F4	1393	11	4	20
	F5	1085	10	4	20
VAR	(Pr > F)	N/S	**	N/S	***
FERT	(Pr > F)	*	*	N/S	N/S
VAR x FERT	(Pr > F)	N/S	N/S	N/S	N/S
CV		20.1	17	17.23	5.6
R ²		0.66	0.48	0.33	0.73

* = ($P < 0.1$), ** = ($P < 0.05$), *** = ($P < 0.01$)

N/S = No significativo

F1= Fertilización tradicional

F2= Fertilización edáfica modificada

F3 = Fertilización edáfica y foliar

F4 = Fertilización foliar 2 fraccionamientos

F5 = Fertilización foliar 3 fraccionamientos.

La variable rendimiento mostró un $R^2 = 0.66$ y un coeficiente de variación de 21.1%. Se detectaron únicamente diferencias significativas ($P \leq 0.1$) en los métodos de fertilización sobre el rendimiento (Cuadro 6). En general la fertilización al suelo superó a la aplicada en forma foliar.

Cuadro 6. Efecto de los métodos de fertilización sobre el rendimiento en frijol. Zamorano, Honduras, 2003.

Métodos de fertilización	Rendimientos (kg/ha)
F2 (edáfica modificada)	1409 a*
F1 (tradicional)	1404 a
F3 (edáfica y foliar)	1377 a
F4 (foliar 2 fraccionamientos)	1306 ab
F5 (foliar 3 fraccionamientos)	1128 b

* Tratamientos con las mismas letras no son estadísticamente significativos ($P \leq 0.1$) utilizando la prueba SNK.

Gallo y Miyasaca (1961), señalan que la fertilización foliar nitrogenada en la etapa de prefloración (25 - 30 DDS) o en la época de llenado de vainas (55 - 60 DDS) aumentan los rendimientos y mejoran el efecto de los insumos al abastecer a la planta de este nutrimento, para asegurar la rentabilidad de este cultivo; sin embargo, los resultados para este ensayo muestran lo contrario. Lo que se debe a que la utilización de N por las hojas no es tan eficiente como por las raíces.

La variable vainas por planta mostró un $R^2 = 0.48$ y un coeficiente de variación de 17%. Las diferencias que se detectaron para esta variable se deben a efectos simples de las variedades (Cuadro 7) y los métodos de fertilización (Cuadro 8).

Cuadro 7. Número promedio de vainas en tres variedades de frijol. Zamorano, Honduras, 2003.

Variedades	Número de vainas por planta
Tío Canela-75	13 a*
Carrizalito	12 b
Amadeus 77	12 b

* Tratamientos con las mismas letras no son estadísticamente significativos ($P \leq 0.1$) utilizando la prueba SNK.

Las diferencias en el número de vainas se deben a condiciones genéticas inherentes para cada variedad.

Cuadro 8. Efecto de los métodos de fertilización sobre el número de vainas por planta. Zamorano, Honduras, 2003.

Métodos de fertilización	Número de vainas por planta
F2 (edáfica modificada)	14 a*
F3 (edáfica y foliar)	13 ab
F4 (foliar 2 fraccionamientos)	12 ab
F1 (tradicional)	12 ab
F5 (foliar 3 fraccionamientos)	11 b

* Tratamientos con las mismas letras no son estadísticamente significativos ($P \leq 0.1$) utilizando la prueba SNK.

Sólo se encontró diferencia entre la fertilización edáfica modificada y la fertilización con 3 fraccionamientos. Estas diferencias se debieron que a medida se fraccionaba el nitrógeno, la cantidad por aplicación de este elemento se reducía cada vez más, por lo que la eficiencia de absorción de este elemento pudo haber sido muy baja en las etapas más avanzadas.

Para la variable tamaño del grano se mostró un $R^2 = 0.73$ y un coeficiente de variación de 5.6%. Las diferencias estadísticas detectadas se deben exclusivamente a efectos varietales, lo que indica diferencias genéticas entre estas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Efecto de las variedades sobre el tamaño del grano en frijol. Zamorano, Honduras, 2003.

Variedades	Tamaño del grano
Carrizalito	20 a*
Amadeus 77	20 a
Tío Canela-75	18 b

* Tratamientos con las mismas letras no son estadísticamente significativos ($P \leq 0.1$) utilizando la prueba SNK.

CONCLUSIONES

- Los resultados del presente estudio indican que existe una respuesta de las diferentes variedades evaluadas a los métodos de fertilizantes aplicados, que se manifiesta en incremento en el rendimiento.
- En términos de rendimiento, las diferentes variedades en este ensayo respondieron diferencialmente a los métodos de fertilización utilizados. La variedad Tío Canela-75 dió los mejores rendimientos con la fertilización tradicional; Amadeus 77 con la fertilización edáfica y foliar y Carrizalito con la fertilización edáfica modificada.
- Ninguna variedad respondió positivamente a las aplicaciones foliares de urea, indicándonos que la absorción de N por las hojas no satisfizo los requerimientos de las plantas.

RECOMENDACIONES

- Repetir el ensayo en condiciones apropiadas sobre todo en épocas de siembra óptimas y considerando la aplicación de fertilizante compuesto al suelo al momento de la siembra, como lo realizan los agricultores de la región.
- Monitorear, la eficiencia y disponibilidad del nitrógeno en las diferentes etapas del cultivo mediante un estudio fisiológico
- Explorar niveles mayores de nitrógeno aplicados al suelo en forma fraccionada.

BIBLIOGRAFÍA

- Altaman, D. W. 1983. Grain protein percentage, kernel, hardness, and grain yield of winter wheat with foliar applied urea. *Agro. Jour.* 75(1): 87-91.
- Bains, K. S. 1967. Effect of applied nutrient on soil fertility, chemical composition, and yield of fields' beans. *Indian Journal of Agronomy.* 12(2): 200-206.
- Baligar, V. C; Benneth, O. L. 1986. NPK- fertilizer-efficiency a situation analysis for the tropic. *Fert. Res.* 10; 147-164.
- Bulinasi, E. A.; Erston, M. 1973. Observaciones preliminares sobre aplicación foliar de fertilizantes en plantas de frijol. *Bragantia* 32(2): 15-23.
- Bulinasi, E. A.; Almeida, L. D. 1973. Observaciones preliminares sobre aplicación foliar de fertilizantes en plantas de frijol. *Bragantia.* 32: 13-18.
- Camargo, P. N. 1970. Principios de nutrición foliar. Edit. Agronómica Ceres, Piracicaba, Brasil. 118p.
- Carlson, R. E. 1982. Corn grain yield and nutrient responses to foliar fertilizer applied during grain fill. *Agro. Jour.* 74 (1): 106-110.
- Fassbender, H. W. 1967. La fertilización del frijol. *Turrialba.* 17(1): 25-28.
- Forsythe, W.; Díaz, R. 1969. La densidad aparente del suelo y la interpretación del análisis de laboratorio para el campo. *Turrialba.* 19(1): 128-131.
- Gallo, J. R.; Miyasaka, S. 1961. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento a maturação. *Bragantia* 20(40): 867-884.
- Gerloff, G. C. 1963. Comparative mineral nutrition of plants. *Plant Physiology.* 14: 107-129.
- Graham, P. H. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in beans. *Field Crops Research.* 4: 93-111.
- Grupo Fertiheria. 2003. Urea cristalina (en línea). Consultado el 15 de septiembre de 2003. Disponible en http://www.fertiheria.es/productos/nuevos_productos/urea_cristalina.html.

Hanway, J. J. 1976. Foliar fertilization of soybean during the seed-filling period. *Agronomy Journal*. 68: 653-657.

Lauer, D. A. 1982. Foliar fertilization on dry beans with Zn and N, P, K, S. *Agro. Jour.* 74(2): 338-344.

Leleji, M. H.; Miller, E. 1982. Inheritance of crude protein percentage and its correlation with seed yield in bean. *Crop Science*. 12: 26-29.

Masaya, P. 1969. Estudio de la absorción de nutrimentos y crecimiento en la planta de frijol. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 34p.

Rosas, J. C.; Escoto, D. 2003a. Amadeus-77. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano y Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (DICTA/SAAG). Boletín técnico ilustrado, imprenta Litocom, Tegucigalpa, Honduras. 12p.

Rosas, J. C.; Escoto, D. 2003b. Carrizalito. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano y Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (DICTA/SAAG). Boletín técnico ilustrado, imprenta Litocom, Tegucigalpa, Honduras. 12p.

Rosas, J. C. 2003. Tío Canela 75. Programa de Investigación de frijol (PIF). Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana / Zamorano, Honduras. 3p.

Salinas, J. G. 1976. Relaciones suelo-planta que afectan las diferencias entre especies y variedades para tolerar baja disponibilidad de fósforo en el suelo. *Ciencia y cultura*. 28(2): 156-168.

Sánchez, D. 1981. Suelos del Trópico: Características y manejo del frijol. Trad. E Camacho. San José, CR, IICA. 660p.

Sanford, W. D. 1954. Toxicity to pineapple plants of biuret and in urea fertilizer from different sources. *Science*. 120: 349-350.

Sansted, R. 1976. Foliar nutrition of dry beans. *Cornell VegNew*. 26(2): 1-5.

Shaw, R. H, 1982. Leaf photosynthetic response to foliar fertilizer applied to plants during grain fill. *Agronomy Journal*. 74: 759-761.

Smittle, D. A. 1976. Response of snap bean to irrigation, nitrogen fertilization, and plant population. *Journal of the American Society of Horticultural Science*. 101 (1): 37-40.

Voysest, O. 1983. Variedades de frijol en América Latina y su origen. Cali, CO, CIAT. 87p.

Webster, G. C. 1955. Conversion of carbon 14-labelled urea into amino acids in leaves. *Plant Physiology*. 30: 372-376.

Wittwer, S. H.; Teubner, F.H. 1964. Foliar absorption of mineral nutrient. *Ann. Rev. Plant Physiology*. 10:9 13-33.

ANEXOS

Anexo1. Características químicas y físicas de la urea.

Características	Propiedades		%
	Físicas	Químicas	
Presentación y color	granulada y blanco		
Potencial de lavado	Alto		
Potencial de quemaduras	Rápido		
Respuesta a bajas temperaturas	Corto		
Tipo de nitrógeno		Amida	
Índice de salinidad		75.4	
Índice de acidez		84	
Fórmula Química		CO(NH ₂) ₂	
Peso molecular		60.06 g/mol	
Densidad a granel		768 kg/m ³	
Dureza		0.9-1.6 kg ^l	
pH		8-10	
Solubilidad		100g/100 ml de agua	
Humedad crítica relativa a (30°			73
Concentración			46
Contenido de humedad			0.5
Contenido de biuret			1.20
Gránulos >2.36 mm			4-6
2.36-1mm			90
<1mm			4-6

Fuente: Grupo Fertiberia (2003).

Anexo 2. Resultado de análisis de suelo a los 30 cm de profundidad.

Muestra	pH (H2O)	%		ppm			
		M.O.	N total	P	K	Ca	Mg
GP- 1							
Chorrera	5.2	2.58	0.13	59	466	1230	130