

Determinación del efecto de tres densidades y tres niveles de nitrógeno sobre dos variedades de frijol

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura.

Presentado por

Carlos Alfredo Sandoval Carranco

Zamorano, Honduras

Enero, 2002

**El autor concede a 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.**

Carlos Alfredo Sandoval

Zamorano, Honduras
Enero, 2002

Determinación del efecto de tres densidades y tres niveles de nitrógeno sobre dos variedades de frijol

presentado por
Carlos Alfredo Sandoval

Aprobada:

Pablo Paz, Ph. D.
Asesor Principal

Alfredo Rueda, Ph. D.
Coordinador de Area de Temática

Ana Margoth Andrews, Ph. D.
Asesor

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

David Moreira, M.B.A.
Asesor

Antonio Flores, Ph. D.
Decano

Pablo Paz, Ph. D.
Coordinador PIA

Keith L. Andrews, Ph. D.
Director General

DEDICATORIA

A Dios y La Madre Dolorosa.

A mis padres Carlos Sandoval, Nelly Carranco de Sandoval por toda la confianza que han depositado en mí. Por su ejemplo, sacrificio, entrega y sobretodo por haberme enseñado el verdadero valor de la vida.

A mi hermano Ricardo Nicolás Sandoval por ser un ejemplo y un verdadero amigo que me apoyó desde el comienzo de este sueño.

A Laura Chico mi segunda madre gracias por todo el apoyo en el transcurso de estos años.

A Martha y María Teresa Carranco, por el apoyo que me brindaron en todo momento.

A toda la gente que estuvo involucrada directa o indirectamente en el trabajo de este documento su ayuda fue muy valiosa.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Madre Dolorosa, por darme la fuerza necesaria en esta meta y por ser la luz y guía en mi vida.

A toda mi familia por el amor y apoyo incondicional que me brindaron en todos los momentos de mi vida.

A mi primo Darwin Javier Romero por ser un ejemplo y apoyo en Zamorano.

A mis amigos: Demis A., Erick N., Lenín G., Pablo R., Felipe G., José D., Brigitte B., Gabriela A., Sofía O. Sarahí O., Gracia D., Denisse E., Cecilia G., Paola C., Enrique F., Samanta Z., Elizabeth T., Gerardo B., Araceli M., Odelay M., y a aquellos que no los he nombrado por haber compartido todos los buenos y malos momentos.

A todos mis profesores por haber compartido sus enseñanzas y su tiempo.

A todos los estudiantes que estuvieron involucrados en el desarrollo de este estudio.

A la familia Alemán Ordoñez por haberme abierto las puertas de su casa y su corazón.

A la familia Sandoval Ruiz por su apoyo y amistad.

A mis Asesores Dr. Pablo Paz , Dra. Ana Margoth Andrews, y M.B.A. David Moreira.

Al personal del Programa de Investigación de Frijol en Zamorano, en especial al Dr. Juan C. Rosas y la Ing. Aracely Castro.

Al *Alma Mater*, por ayudarme a seguir alcanzando el Ser más para Servir Mejor.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A mis padres Carlos y Nelly Sandoval

A mi Tía Martha Carranco

Al Instituto Ecuatoriano de Crédito Educativo y Becas (I.E.C.E)

RESUMEN

Sandoval, Carlos Alfredo. 2002. Determinación del efecto de tres densidades y tres niveles de nitrógeno sobre dos variedades de frijol. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 39 p.

El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es de gran importancia a nivel de Centroamérica y en especial Honduras. El objetivo principal fue evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades mejoradas (Tío Canela 75 y Milenio) para la producción de semilla y determinar los efectos de densidades y niveles de N sobre su desempeño. Para este estudio se usó un arreglo factorial de 2×3×3 en un diseño estadístico en bloques completamente al azar (BCA) con cuatro repeticiones. Los niveles de N fueron 80, 120 ó 160 kg/ha; y las densidades fueron de 150,000; 200,000 ó 250,000 plantas/ha. A una $P < 0.05$ se encontraron diferencias significativas para las siguientes variables: Tío Canela 75 presentó mayor altura en niveles altos de N, y Milenio a niveles de N bajos e intermedios. Para madurez fisiológica, Tío Canela 75 fue más tardío que Milenio. Tío Canela 75 presentó rendimientos superiores a poblaciones bajas con niveles de N bajos y altos y a poblaciones altas con niveles de N altos, mientras que Milenio presentó mayores rendimientos en población baja en todos los niveles de N y en poblaciones intermedias con nivel bajo. El número de vainas por planta más alto correspondió a la población más baja; fue significativamente diferente a poblaciones intermedias y altas. A poblaciones bajas e intermedias el número de granos por vaina fue mayor. A pesar que el peso de 100 granos presentó diferencias, las dos variedades se mantuvieron dentro de los promedios normales. Todas las diferencias encontradas se deben a la respuesta genética de cada variedad y otras diferencias pudieron ser enmascarados por el estrés hídrico; por lo tanto, se recomienda realizar este estudio bajo época lluviosa, ya que el estudio se realizó en época seca.

Palabras claves: Arreglo espacial, fertilización nitrogenada, variedades mejoradas.

NOTA DE PRENSA

¿LA DENSIDAD POBLACIONAL Y LA DOSIS DE NITROGENO INCREMENTAN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE FRIJOL?

El frijol, es un cultivo que reviste gran importancia a nivel de Centroamérica y en especial Honduras, ya que es considerado una de las principales fuentes de proteína y calorías de la dieta tradicional de la población.

La producción de este cultivo es afectada por lluvias insuficientes, baja fertilidad y una gran variedad de plagas que reducen el rendimiento en las distintas zonas frijoleras de Honduras.

En Zamorano, en marzo del 2001 se estableció un ensayo en el que se trató de encontrar las diferencias de comportamiento de dos variedades mejoradas de frijol (Tío Canela 75 y Milenio) a tres dosis de nitrógeno, combinadas con tres densidades poblacionales.

En el caso de Tío Canela 75 la variedad respondió mejor a densidades de 150,000 y 250,000 plantas/ha, combinadas con dosis de nitrógeno de 80 y 160 kg/ha en la mayoría de las variables. Mientras tanto el Milenio presentó una mejor respuesta a densidades de 80,000 plantas/ha combinados con dosis de nitrógeno de 80, 120 ó 160 kg/ha.

Debido a que el cultivo recibió aproximadamente un 60% menos de agua de lo que necesita, todos las variables que se midieron fueron afectadas considerablemente, por lo tanto, no se logró determinar el mejor tratamiento para cada variedad; se recomendó realizar este estudio en época lluviosa donde, probablemente, se determinarán los efectos enmascarados por la sequía.

INDICE GENERAL

		Página
	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de Prensa.....	viii
	Indice General.....	ix
	Indice de cuadros.....	xi
	Indice de figuras.....	xii
	Indice de anexos.....	xiii
1	INTRODUCCION.....	1
1.1	OBJETIVOS.....	2
1.1.1	General.....	2
1.1.2	Específicos.....	2
2	REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1	FRIJOL.....	3
2.1.1	Importancia.....	3
2.1.2	Dispersión mundial.....	4
2.1.3	Etapas de desarrollo del frijol.....	5
2.1.4	Hábitos de crecimiento.....	5
2.1.5	Limitaciones a la producción.....	6
2.1.6	Variedades.....	6
2.1.8	Densidad.....	7
2.2	NITROGENO.....	7
2.2.1	Absorción de nitrógeno.....	8
2.2.2	Función del nitrógeno.....	8
2.2.3	Pérdidas de nitrógeno.....	9
2.2.4	Reacciones de fertilizantes nitrogenados.....	11
2.2.5	Urea.....	11
3	MATERIALES Y METODOS.....	13
3.1	LOCALIZACION DEL ESTUDIO.....	13
3.2	VARIETADES.....	13

3.3	FERTILIZACION.....	13
3.4	DENSIDAD.....	13
3.5	DISEÑO.....	14
3.6	TRATAMIENTOS.....	14
3.7	MANEJO AGRONOMICO.....	14
3.7.1	Preparación del suelo.....	14
3.7.2	Fertilización.....	14
3.7.3	Siembra.....	14
3.7.4	Control de malezas.....	15
3.7.5	Control de plagas.....	15
3.7.6	Cosecha.....	15
3.8	VARIABLES CONSIDERADAS.....	15
3.8.1	Fenológicas.....	15
3.8.1.1	Días a floración.....	15
3.8.1.2	Altura de la planta.....	15
3.8.1.3	Madurez fisiológica.....	15
3.8.2	Rendimiento y componentes.....	15
3.8.2.1	Vainas por planta.....	15
3.8.2.2	Granos por vaina.....	15
3.8.2.3	Peso de 100 granos.....	16
3.8.2.4	Rendimiento.....	16
3.9	ANALISIS ESTADISTICO.....	16
4	RESULTADOS Y DISCUSION.....	17
4.1	VARIABLES FENOLOGICAS.....	17
4.1.1	Altura de la planta.....	19
4.1.2	Floración.....	20
4.1.3	Días a madurez fisiológica.....	21
4.2	RENDIMIENTO Y COMPONENTES.....	21
4.2.1	Rendimiento.....	21
4.2.2	Vainas por planta.....	24
4.2.3	Granos por vaina.....	24
4.2.4	Peso de 100 granos.....	26
5	CONCLUSIONES.....	28
6	RECOMENDACIONES.....	29
7	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	30
8	ANEXOS.....	32

INDICE DE CUADROS

CUADRO		Página
1	Características generales de Tío Canela-75 y Milenio.....	6
2	Efectos de los tratamientos sobre las variables fenológicas de frijol, El Zamorano, Honduras, 2001.....	18
3	Niveles de significancia (Prueba F) Para las variables fenológicas, El Zamorano, Honduras, 2001.....	19
4	Correlaciones entre el rendimiento, las variables fenológicas y componentes de rendimiento, El Zamorano, Honduras, 2001.....	19
5	Altura de la planta de dos variedades de frijol, El Zamorano, Honduras, 2001.....	20
6	Días a madurez fisiológica de dos variedades de frijol, El Zamorano, Honduras, 2001.....	21
7	Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento y sus componentes, El Zamorano, Honduras, 2001.....	22
8	Nivel de significancia (Prueba F) Para el rendimiento y componentes, El Zamorano, Honduras, 2001.....	22
9	Efecto de la interacción variedad (densidad x nivel) en el rendimiento de dos variedades de frijol. El Zamorano, Honduras, 2001.....	23
10	Vainas por planta en tres densidades poblacionales, El Zamorano, Honduras, 2001.....	24
11	Efecto de la densidad sobre el número de granos por vaina. El Zamorano, Honduras, 2001.....	25
12	Efecto de la densidad sobre el número de granos por vaina de dos variedades de frijol, El Zamorano, Honduras, 2001.....	25
13	Peso de 100 granos en dos variedades de frijol bajo tres densidades poblacionales y tres niveles de nitrógeno, El Zamorano, Honduras, 2001.....	26

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Producción de frijol en Honduras.....	4
2	Regiones de origen y cultivo de frijol.....	5

INDICE DE ANEXOS

ANEXO		Página
1	Análisis de suelo de San Nicolás, Cuadrante 4.....	32
2	Nivel de significancia para todas las variables.....	33
3	Comparación de los requerimientos de agua del cultivo con los riegos aplicados.....	34
4	Datos.....	35

INTRODUCCION

El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo principalmente sembrado por pequeños productores de las regiones de América Latina, Africa y Asia donde predominan países en proceso de desarrollo y donde se obtiene el 77% de la producción mundial (Rosas, 1998).

La producción de este cultivo es afectada por lluvias insuficientes, baja fertilidad y una gran variedad de plagas que reducen su rendimiento en las distintas zonas frijoleras de Honduras. Se ha comprobado que los insectos son factores limitantes muy importantes debido a que causan daños significativos; su control, frecuentemente, resulta en ganancia económica (Andrews y Quezada, 1989).

El uso de variedades mejoradas tiene un papel muy importante dentro de la producción de semilla debido a diversas ventajas sobre las variedades criollas, como la resistencia a plagas y enfermedades, mayor rendimiento, tolerancia a sequía, aprovechamiento eficiente de nutrientes etc.; existe una mejor expresión de las características genéticas mientras éstas se acercan más a las condiciones óptimas de las variedades.

El uso de densidades mayores, implican un aumento en el rendimiento, pero a la vez se tiene que determinar cual es la densidad más adecuada a una variedad en particular en una zona para que el rendimiento se maximice.

En cuanto a la fertilización nitrogenada, se debe tomar en cuenta la cantidad actualmente utilizada, medir su eficiencia y determinar cual es el nivel más adecuado para satisfacer los requerimientos del cultivo y a la vez su aplicabilidad práctica y económica. Para lo anterior se tomó como base los requerimientos del cultivo, las características edáficas de la zona basados en el análisis de suelo, la eficiencia de absorción de los nutrientes y el tipo de fertilizante a usar, para definir una fertilización adecuada que se refleje en el estado nutricional del cultivo y en el rendimiento óptimo adaptado a la zona (en este caso en Zamorano).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 General

- Evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades de frijol para la producción de semilla con diferentes densidades y niveles de nitrógeno en Zamorano.

1.1.2 Específicos

- Determinar la densidad más adecuada para un mayor rendimiento.
- Determinar el nivel de N más adecuado que maximice los rendimientos.
- Determinar la variedad que tiene mayor adaptación a las condiciones agroecológicas de Zamorano.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 EL FRIJOL

2.1.1 Importancia

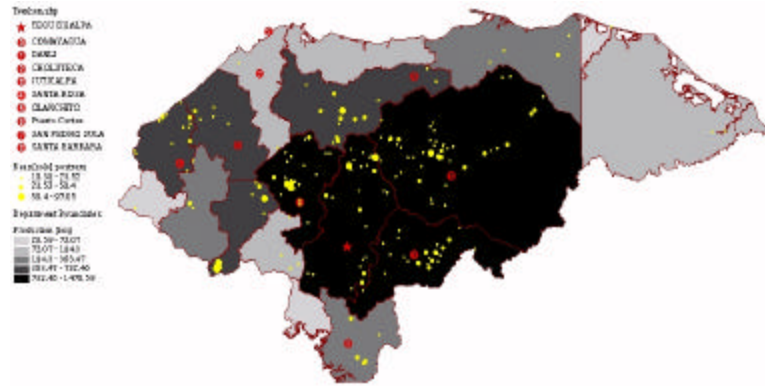
Es un cultivo que reviste gran importancia a nivel de Centroamérica y en especial Honduras ya que es considerado una de las principales fuentes de proteína y calorías de la dieta tradicional de la población. El consumo *per capita* del grano varía según el rendimiento y el estrato social, en cantidades que van desde 9 a 21 kilogramos por año (DICTA, 1998).

Honduras es el tercer mayor productor de frijol en Centroamérica, después de Nicaragua y Guatemala. En 1998, 83,000 hectáreas fueron sembradas de frijol, insignificante a comparación de 1977 y menor a las 120,000 sembradas en 1994. La producción también fue similarmente variable durante el periodo de 1970-1998, el área plantada se incrementó en un total de 16% y la producción se incrementó en 18% con pequeños incrementos en rendimiento (Johnson y Klass, 1999).

En Honduras, el frijol ocupa el segundo lugar después del maíz en superficie sembrada como en la cantidad que es consumida por la población. El frijol se cultiva a nivel nacional variando, desde luego, el área de siembra, los rendimientos y las tecnologías de manejo de una región a otra (DICTA, 1998).

En los últimos cinco años el área anual cultivada en Honduras aumentó a 113,789 hectáreas, generándose una producción de 83,188 TM y un rendimiento promedio de 732 kg/ha (DICTA, 1998).

En Honduras las cuatro regiones que sobresalen como mayores productoras de frijol, por orden de importancia, son la Centro Oriental y Nor Oriental, que generan el 31 y 26% respectivamente del total de la producción nacional, le siguen en menor escala las regiones Centro Occidental y Occidental (DICTA, 1998).



Las zonas más oscuras son las mayores productoras de frijol

Fuente: Johnson y Klass (1999).

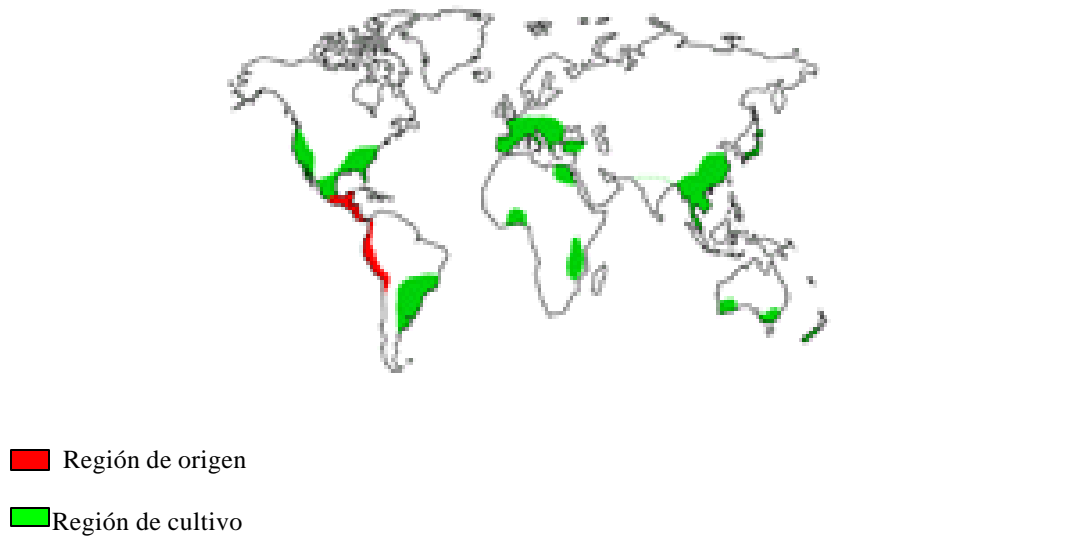
Figura 1. Producción de frijol en Honduras.

2.1.2 Dispersión mundial

Las características morfológicas, fisiológicas y genéticas presentes en los cultivares comunes de frijol son el resultado de la evolución histórica de las especies, antes, durante y después de la domesticación. Existen dos centros de domesticación ubicados en Mesoamérica y la zona Andina, que son dos grupos que contienen características agronómicas diferentes (Gepts *et al.*, 1988, citado por Schoonhoven y Voysest, 1991).

Después de la domesticación los cultivares fueron introducidos en otras regiones del mundo. Datos genéticos basados en diversidad de la proteína faseolina proveen información adicional de las posibles vías de diseminación (Gepts *et al.*, 1988, citado por Schoonhoven y Voysest, 1991).

En general, ambos cultivares de Mesoamérica (faseolina S) y la zona Andina (faseolina T y C) fueron diseminados a las mismas regiones del mundo. Por ejemplo los cultivares de Centroamérica y la zona Andina fueron diseminados a las zonas bajas de Sur América y África. Los cultivares de Mesoamérica, predominan en las zonas bajas de Sur América (Brasil) y en el suroeste de los Estados Unidos; Los cultivares andinos predominan en Africa, Europa, y el noreste de los Estados Unidos (Schoonhoven y Voysest, 1991).



Fuente: www.mpiz-koeln.mpg.de/pr/garten/schau/Phaseolusvulgaris/Common_Bean.html

Figura 2. Regiones de origen y cultivo del frijol

2.1.3 Etapas de desarrollo del frijol

El ciclo de desarrollo de la planta de frijol se divide en dos fases sucesivas; vegetativa y reproductiva (Rosas, 1998). La fase vegetativa se inicia cuando se le brindan a las semillas las condiciones para iniciar la germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales en las variedades de crecimiento determinado, o los primeros racimos en las variedades de hábito de crecimiento indeterminado. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa necesaria para iniciar la actividad reproductiva de la planta. En la fase vegetativa, el desarrollo de los meristemas terminales del tallo y de las ramas produce nudos en los cuales se forman complejos axilares susceptibles de un desarrollo posterior (Rosas, 1998).

La fase reproductiva está comprendida entre el momento de la aparición de los botones florales o los racimos y la madurez de cosecha. En las plantas de hábito de crecimiento indeterminado continua la aparición de estructuras vegetativas cuando termina la denominada fase vegetativa, lo cual hace posible que una planta este produciendo simultáneamente hojas, ramas, tallos, flores y vainas (Rosas, 1998).

2.1.4 Hábitos de crecimiento

Según Rosas (1998), los hábitos de crecimiento son: Tipo I, determinado arbustivo; Tipo II, indeterminado arbustivo; Tipo III, indeterminado postrado y Tipo IV indeterminado trepador. Para el caso del estudio, la variedad Tío Canela 75 y Milenio son del tipo II. Dependiendo del tipo de la variedad utilizada el manejo puede variar ya que según el

crecimiento y la agresividad del cultivo, se va a retrasar o adelantar el control de malezas y la facilidad de labores como la cosecha (Rosas, 1998).

2.1.5 Limitaciones a la producción

Según el CIAT (1994), la producción en América Latina es afectada por muchos factores edáficos, climáticos y bióticos. Sin embargo, los principales factores responsables de los rendimientos bajos son la alta presión de enfermedades, insectos, la sequía, la baja densidad de siembra para evitar la presión alta de enfermedades y la incapacidad económica o renuencia del agricultor a usar insumos. Por otro lado, los insectos causan daños significativos y su control no siempre resulta en ganancia económica (Andrews y Quezada, 1989).

2.1.6 Variedades

En el país existe una gran diversidad de variedades de frijol con tonalidades de color que van desde rojo claro hasta negro. Es recomendable utilizar variedades mejoradas de grano rojo por tener un mejor potencial de rendimiento y resistencia a enfermedades (DICTA, 1998).

Las características generales de las variedades utilizadas se detallan en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Características generales de Tío Canela -75 y Milenio.

Características	Tío Canela -75	Milenio
Altura de la planta	50 cm	49 cm
Días a floración	36-38 días	42 días
Color de la flor	Blanca	Blanca
Días a madurez fisiológica	66-68 días	68 días
Días a cosecha	75	75-80 días
Número de vainas/planta	29	24
Número de semillas/vaina	6	7
Color del grano	Rojo brillante	Rojo brillante
Forma	Ovoide	Ovoide
Tamaño	Pequeño	Pequeño
Peso de 100 semillas	21- 23 g	23 g
Rendimiento	2,382 kg/ha	2,273 kg/ha

Fuente: Programa de Investigaciones de Frijol

Las dos variedades responden bien a fertilización baja, altas fertilizaciones provocan que la planta consuma en vicio y el factor que más se ve afectado es la rentabilidad por el incremento de los costos¹.

¹ ROSAS, 2001. Comunicación Personal

2.1.8 Densidad

Se tienen varias estrategias para aumentar el potencial de rendimiento. Entre ellas está el desarrollo apropiado del manejo agronómico del cultivo (Schoonhoven y Voysest, 1991). Schoonhoven y Voysest, (1991) sugieren espacios entre hileras aproximados a 30 cm y densidades de 40 plantas por m². Estas prácticas no necesariamente darán los máximos rendimientos cuando se utiliza cultivares adecuados.

La distribución de la semilla debe ser uniforme y regularmente espaciada en las hileras. Las densidades varían entre 200,000 a 250,000 plantas por hectárea, puede sembrarse a 50-60 cm entre hilera y 7.5-10 cm entre planta (Rosas, 1998).

El CIAT (1978), estableció un ensayo para determinar la respuesta de las plantas de diferentes hábitos de crecimiento a la densidad de siembra establecida de 8 y 24 plantas/m², se encontró que los cultivares de tipo II presentaban rendimientos más altos a una baja densidad.

Las dos variedades han sido probadas en condiciones de baja fertilidad y densidades altas debido al hábito de crecimiento de las dos variedades, cambios en densidad dependen de las condiciones agroecológicas en las que se les vaya a cultivar ya que va a haber una mayor competencia entre plantas, dependiendo de la cantidad de nutrientes que pueda traslocar hacia los frutos en las etapas reproductivas afectará al rendimiento y componentes².

2.2 NITROGENO

En los trópicos el manejo de la fertilidad de los suelos es importante para realizar un manejo adecuado en la implementación de sistemas de cultivos.

El N es actualmente el más importante y todavía es el de más difícil manejo de todos los nutrientes de las plantas. Es vital en la agricultura moderna y también es causante de numerosos y serios impactos contra el ambiente (Pierzynski *et al.*, 2000).

Los suelos contienen raramente suficiente cantidad de N para el máximo crecimiento de las plantas. La concentración en las rocas ígneas es bastante bajo y poco disponible para las necesidades de las plantas (Troeh y Thompson, 1993).

La atmósfera es 78% por ciento nitrógeno (N₂), pero este N no puede ser absorbido por la mayoría las plantas hasta que este se combine químicamente con hidrógeno, oxígeno o carbón. El proceso de la combinación de N con otros elementos se conoce como la fijación del nitrógeno (Troeh y Thompson, 1993).

² Rosas. 2001. Comunicación Personal

Alrededor de un 99% del N combinado en el suelo es contenido por la materia orgánica y se encuentra en forma de N orgánico. Las proteínas y otros compuestos orgánicos nitrogenados están asociados con el humus y con algunas arcillas silicatadas, las cuales le protegen de una rápida descomposición causada por las bacterias (Brady, 1990).

Los fertilizantes minerales proporcionan nutrientes a las plantas en la misma forma que éstas obtienen del suelo tras la descomposición de la materia orgánica, es decir, en forma mineral (FAO, 1989). Los fertilizantes nitrogenados son obtenidos a través de un proceso análogo a la fijación de N_2 por la bacteria *Rhizobium*, este proceso por lo general sintetiza N e hidrógeno (H) para formar amoníaco como producto primario de diversos tipos de fertilizantes nitrogenados (FAO, 1989).

2.2.1 Absorción de nitrógeno

N, el cual es requerido en mayor cantidad de los otros nutrientes minerales y absorbido por las raíces tanto como anión o catión y es un componente esencial de las proteínas (Summer, 2000).

Las plantas normalmente contienen entre 1 a 5% por peso. Las formas disponibles de N en los suelos se mantienen por lo general en niveles bajos por la rápida absorción del N cuando éste es disponible y además por las pérdidas causadas por percolación causada por lluvias y riegos (Gliessman, 2000).

Este es absorbido por las plantas en forma de nitrato (NO_3^-) y iones de amonio (NH_4^+). En humedad, calor y en suelos bien aireados la forma de NO_3^- es dominante. (Tisdale *et al.*, 1993).

Algunos factores, como la temperatura y el pH parecen afectar a de modo distinto la absorción de ambas formas de N. Así la forma amoniacal parece más favorecida a baja temperatura, en tanto que la forma nítrica lo es a bajo pH. Se ha comprobado que, mientras la forma amoniacal se muestra competitiva para la forma nítrica ésta no lo es para la forma amoniacal. En cualquier caso parece que la presencia de la forma amoniacal es beneficiosa para el desarrollo, quizás a causa del ahorro de energía que supone la no reducción de la forma nítrica en la planta (Domínguez, 1997).

Aunque la forma ureica es transformada en amoniacal rápidamente en el suelo, también puede ser absorbida directamente por las plantas, aunque muy lentamente en relación con la forma nítrica (Domínguez, 1997).

2.2.2 Función del nitrógeno

La función del N tanto en el crecimiento y nutrición de la planta es estrechamente conectado al carbono, la relación C/N controla la disponibilidad de N (Summer, 2000). Valores para la relación C/N en un rango de 8/1 para microorganismos del suelo a 400/1 para el aserrín. Relaciones mayores de 30/1 resultan en inmovilización de N (Fixen, 1996).

citado por Summer, 2000) y por lo tanto se pueden presentar deficiencias. Para eliminar o minimizar el problema se deben incorporar los residuos con suficiente anticipación a la siembra para permitir una adecuada descomposición (PPI, 1997).

El suplemento de N está relacionado con la utilización de carbohidratos. Cuando el N es suplido en forma insuficiente, los carbohidratos son depositados en células vegetativas que son las causantes de engrosamiento (Tisdale *et al.*, 1993).

Cuando el N es suplido en forma adecuada, y las condiciones son favorables para el crecimiento, las proteínas son formadas para después ser utilizadas en la formación de carbohidratos. Si hay menos carbohidratos depositados en la porción vegetativa, más protoplasma es formado, debido a que éste es altamente hidratado, el resultado es tener plantas más suculentas (Tisdale *et al.*, 1993).

La fertilización nitrogenada puede incrementar los compuestos de defensa basados en N, como los alcaloides, glucosinolatos y glicósidos cianogénicos (Letourneau, 1997 citado por Hall, 2001). Estos procesos pueden haber ocurrir dependiendo de los factores físicos del ambiente (Hall, 2001).

La deficiencia de N puede ocurrir en todos los suelos en especial y es especialmente más severa en suelos arenosos con baja materia orgánica. Esto puede ser causado por lluvias fuertes y excesos de riego, lixiviación de nitratos o supresión por anaerobiosis de bacterias fijadoras de N. Un pH fuera de 6.0-8.0 pueden restringir la disponibilidad de este elemento (Benett, 1993).

Cantidades adecuadas de N producen hojas de color verde oscuro debido a que éstas tienen una alta concentración de clorofila. La deficiencia de N resulta en clorosis debido a la presencia de cantidades reducidas de clorofila (PPI, 1997). Aparecen como color verde pálido y amarillo en las hojas viejas, el crecimiento se reduce, hay una floración limitada y un llenado de vainas pobre (Benett, 1993).

El exceso de N puede incrementar el crecimiento vegetativo, afectar la calidad del fruto, sin embargo, en la mayoría de los casos el retraso de la madurez es causada por la deficiencia de otros nutrientes, antes que por el exceso de N (PPI, 1997). Se tiene mayor sensibilidad a las enfermedades y al realizar una aplicación tardía, la absorción tardía de este elemento retrasa la maduración (Guerrero, 1996).

2.2.3 Pérdidas de nitrógeno

Los cultivos remueven abundantemente el N del suelo. La cantidad depende del tipo de cultivo y cantidad de cosecha. A pesar que la remoción de nutrientes en la cosecha no es considerada como pérdida en realidad lo es. El efecto neto de la remoción de N por los cultivos es que reduce los niveles de nitrógeno en el suelo (PPI, 1997).

Reacciones del amonio.- Cuando se aplican fertilizantes nitrogenados que contienen NH_4^+ , como el nitrato de amonio y el sulfato de amonio, en la superficie de los suelos

alcalinos o calcáreos se producen reacciones que pueden causar pérdidas de N en forma de amoniaco gaseoso (volatilización). Reacciones similares pueden ocurrir en suelos recientemente encalados. Las pérdidas por volatilización pueden ser elevadas en condiciones de alta temperatura y humedad. Para evitar estas pérdidas se debe incorporar los fertilizantes que contienen NH_4^+ , cuando éstos se utilizan en suelos calcáreos o alcalinos (PPI, 1997).

Urea.- El N aplicado en forma de urea a la superficie del suelo se convierte rápidamente en NH_3 o NH_4^+ cuando existe humedad y temperatura apropiadas y la presencia de la enzima ureasa. El NH_3 formado puede pasar a la atmósfera mediante volatilización. Las pérdidas de nitrógeno de la urea pueden evitarse con la incorporación del fertilizante con aplicación cuando las temperaturas son bajas y con el riego inmediato que permite que la urea se introduzca al suelo (PPI, 1997).

El movimiento de la humedad del suelo que contiene NH_3 disuelto y la difusión de la evaporación hacia la superficie de suelo durante el proceso de secado probablemente contribuya a la volatilización (Tisdale *et al.*, 1993).

Amoniaco.- La fuentes como amoniaco gas son los excrementos de animales, fertilizantes (especialmente amoniaco y urea), la descomposición de residuos de las plantas (especialmente el follaje que es rico en N), en cada caso el amoniaco como gas está en equilibrio con los iones de amonio (Brady y Weil, 1999).

Los coloides del suelo, las arcillas y el humus adsorben el amoniaco gas, entonces las pérdidas son mayores donde la presencia de coloides es menor o donde el amonio no está en un contacto directo con el suelo. Por estas razones las pérdidas de amonio pueden ser mayores en los suelos arenosos y suelos alcalinos o calcáreos especialmente cuando los materiales que producen amonio están cerca de la superficie del suelo (Brady y Weil, 1999).

El amonio debe ser aplicado bajo la superficie del suelo para prevenir pérdidas por volatilización. Las pérdidas pueden ocurrir cuando se aplica NH_3 a suelos extremadamente húmedos. Se debe aplicar NH_3 cuando la humedad del suelo está por debajo de la capacidad de campo (PPI, 1997).

Acidez del suelo.- Cuando el proceso de nitrificación convierte el NH_4^+ a NO_3^- se liberan iones de H^+ , este es un proceso que produce acidez en el suelo. Por esta razón, las fuentes de N que contengan NH_4^+ incrementan la acidez del suelo si la planta no absorbe NH_4^+ directamente. El NO_3^- también puede ser un factor asociado con la acidez del suelo debido a la lixiviación de iones básicos como calcio, magnesio y potasio. El NO_3^- y los cationes básicos forman pares iónicos que se pierden juntos por lixiviación (PPI, 1997).

En contraste con los iones de amonio, los cuales tienen cargas positivas, las cargas negativas de los nitratos no son adsorbidos por las cargas negativas de los coloides que dominan la mayoría de los suelos. Los iones de nitrato se mueven libremente con el agua drenada y éstos se pierden por lixiviación (Brady y Weil, 1999).

Los fertilizantes nitrogenados al ser solubilizados son fuentes permanentes de acidez aunque aumentarán según el manejo que reciba el cultivo y la intensidad del mismo (Bertsch, 1998).

Cuando el proceso de mineralización descompone la materia orgánica del suelo, el primer producto nitrogenado es el NH_4^+ . A medida que este NH_4^+ se convierte a NO_3^- se liberan iones de H^+ . Esto, al igual de lo que sucede con los fertilizantes inorgánicos que contienen NH_4^+ , causa la acidificación del suelo (PPI, 1997).

2.2.4 Reacciones de fertilizantes nitrogenados

El uso mundial de fertilizantes nitrogenados ha sido expandido grandemente en los últimos años. Los iones de amonio y nitrato que provienen de los fertilizantes, reaccionan de una forma similar comparable con los iones que provienen de la descomposición microbiana de la materia orgánica, la concentración es más elevada en la zonas de aplicación y la tendencia a acidificar el suelo es de especial importancia (Brady, 1990).

La concentración localizada de amoníaco, sales de amonio y urea estimulan varias reacciones. Los niveles altos localizados de amonio inhiben la segunda parte de la nitrificación resultando en una concentración indeseable de iones nitritos. En suelos alcalinos esta alta concentración de iones de amonio pueden resultar en que alguna parte del amonio gasificado vaya directamente a la atmósfera (Brady, 1990).

Una aplicación prolongada de fertilizantes nitrogenados pueden afectar a los procesos microbiales de fijación libre en el suelo y de N gaseoso. En general la fijación por organismos de vida libre es reducida por los altos niveles de N mineral (Brady, 1990).

2.2.5 Urea

La mejor forma concentrada de N sólido como fertilizante es la urea, es un compuesto orgánico simple que contiene 46% de N. Sintéticamente la urea puede ser formada por la reacción del amonio con dióxido de carbono: $2 \text{NH}_3 + \text{CO}_2$ (Tisdale *et al.*, 1993).

La urea como amonio o sales de amoníaco no puede ser absorbido por las plantas hasta que el N que tiene sea convertido por la enzima ureasa a amonio y nitrato (Miller y Donahue, 1995).

La urea es higroscópica y muy soluble en el agua, sin embargo, bien acondicionada es fácil de manejar, almacenar y transportar. Generalmente se produce granulada aunque también se puede encontrar cristalizada y en polvo (Bertsch, 1998).

En forma amídica la urea es muy soluble en agua, por eso cuando se aplica y llueve posteriormente penetra en el suelo hasta que posteriormente al combinarse con el agua se convierte en carbonato amónico. La velocidad de esta transformación depende de la actividad microbiana. En suelos con una actividad biológica normal la hidrólisis es un

fenómeno rápido: tres a cuatro días en los suelos bien provistos de materia orgánica; más lentos en los suelos pobres en humus, biológicamente poco activos o muy ácidos o incluso por tiempo frío y seco (Guerrero, 1996).

La urea en su forma original no contiene NH_4^+ . Sin embargo, la urea se hidroliza rápidamente en el suelo en presencia de la enzima ureasa y produce amonio y bicarbonato.

Varios factores influyen con la rapidez con la cual ocurre la hidrólisis incluyendo la cantidad de enzima presente y la temperatura del suelo. Mientras más frío esté el suelo más lento será este proceso (PPI, 1997).

Durante la hidrólisis, los iones de bicarbonato reaccionan con la acidez del suelo e incrementan el pH en la proximidad del sitio de reacción de la urea, neutralizando de esta forma parte de la acidez producida luego mediante la nitrificación. Los iones de NH_4^+ son adsorbidos por las arcillas y la materia orgánica del suelo, eventualmente nitrificados o absorbidos directamente por las plantas. Una vez que la urea se ha convertido en NH_4^+ , ésta se comporta como cualquier otro fertilizante nitrogenado siendo una excelente fuente de N (PPI, 1997).

La urea normalmente se hidroliza en forma rápida. Se pierden cantidades apreciables de NH_3 por volatilización cuando se aplica urea, o soluciones que contienen urea, a la superficie de los suelos desnudos que están evaporando agua rápidamente o a suelos con una alta cantidad de residuos en la superficie. Se puede controlar urea aplicando a temperaturas bajas, incorporando el material al suelo a aplicándolo en banda. La rápida hidrólisis en el suelo es responsable de las quemaduras que el NH_3 que causan a las semillas cuando se colocan cantidades altas de urea muy cerca de ellas (PPI, 1997).

El manejo cuidadoso de la urea y de fertilizantes a base de urea reduce potencialmente las pérdidas por volatilización del NH_3 e incrementa la eficiencia de los mismos. Las aplicaciones de urea en la superficie son más eficientes cuando estas son incorporadas en suelos con bajo potencial para volatilización (Tisdale *et al.*, 1993).

Las condiciones para mejorar la calidad de la aplicación es que haya suelos fríos, o secos al tiempo de la aplicación y/o que ocurra una precipitación significativa de 25 mm en los tres a seis días después de la aplicación (Tisdale *et al.*, 1993).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 LOCALIZACION DEL ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en la época de marzo - mayo de 2001, en el Cuadrante 4 del pivote central en San Nicolás en el Zamorano, Departamento Francisco Morazán - Honduras, a 800 msnm con una temperatura promedio anual de 24°C y precipitación promedio anual de 1100 mm.

3.2 VARIEDADES

Se utilizaron Tío Canela-75 y Milenio (en proceso de liberación), ambas mejoradas de Tipo II y producidas por el Programa de Investigación de Frijol (PIF) de Zamorano.

3.3 FERTILIZACION

Los niveles basales que se aplicaron de P, fue de 80 -100 kg/ha, uniformes para todo el estudio.

Se compararon tres niveles de N 80, 120 y 160 kg/ha.

Las fuentes de fertilizante utilizadas fueron urea (46%N) y 18-46-0. Las cantidades de las fuentes se calcularon en base al análisis de suelos realizado en febrero de 2001 (Anexo 1) los niveles de fertilización que se determinaron anteriormente fueron las siguientes:

- 104 kg/ha de 18-46-0
- 47, 130 y 221 kg/ha que equivalen a los niveles requeridos de nitrógeno a ser aplicado como urea.

3.4 DENSIDAD

Se compararon tres poblaciones: 150,000, 200,000 y 250,000 pl/ha

El distanciamiento entre hileras se mantuvo uniforme a 0.50 m, variando la distancia entre plantas a 13.5, 10 y 8 cm, para obtener las densidades enumeradas.

3.5 DISEÑO

Se usó un arreglo factorial de 2 variedades x 3 densidades x 3 niveles de N en un diseño estadístico en bloques completamente al azar (BCA) con cuatro repeticiones ubicadas en forma de cuadrante en un área aproximada de 1,200 m².

La unidad experimental fue de cuatro hileras espaciadas a 0.5 m de ancho por 6 m de largo y el área útil fueron las dos hileras centrales.

3.6 TRATAMIENTOS

Dentro de cada unidad experimental se sembró la variedad a la densidad y fertilización que correspondió a la aleatorización realizada, hasta completar los 18 tratamientos en los cuatro bloques.

Para el caso de las variedades se sembraron dos semillas por postura, para garantizar las poblaciones y a los 15 días se ralearon para dejar las densidades determinadas; el distanciamiento entre plantas se midió con reglas graduadas a los tres distanciamientos.

La fertilización basal se realizó a los 18 días después de la siembra debido a la demora del establecimiento del cultivo, aplicando el 100% del fósforo (18-46-0) y el 50% de N (urea), reabonando a los 33 días con el restante 50% de N (urea) que coincidió con la tercera deshierba.

3.7 MANEJO AGRONÓMICO

3.7.1 Preparación de suelo

Se preparó en forma convencional que consistió en un pase de arado y dos de rastra pulidora y se rayó el terreno.

3.7.2 Fertilización

La fertilización se realizó en banda en forma manual.

3.7.3 Siembra

Se realizó en forma manual, con los distanciamientos anteriormente indicados utilizando reglas marcadas con las distancias apropiadas entre plantas.

3.7.4 Control de malezas

Se realizó manualmente a los 18, 25 y 33 días después de la emergencia del cultivo.

3.7.5 Control de plagas

Se realizó un muestreo de plagas cada 15 días y el único problema fitosanitario que se presentó en el cultivo fue lorito verde (*Empoasca krameri*), que se controló con Perfekthion (dimetoato) a una dosis de 1 L/ha.

3.7.6 Cosecha

Se realizó manualmente después de que el cultivo alcanzó madurez de cosecha y se hizo en tres partes debido a las condiciones climáticas hasta cosechar todo el experimento. Se cosecharon las dos hileras centrales en un área útil de 6 m², fueron secadas en un invernadero, se contó el número de plantas cosechadas de cada parcela y se aporrearon.

3.8 VARIABLES CONSIDERADAS

3.8.1 Fenológicas

3.8.1.1 Días a floración. Se tomó cuando el 50% de las plantas de cada parcela presentaba por lo menos una flor abierta.

3.8.1.2 Altura de la planta. Se midieron desde la base del tallo hasta el final del tallo principal a 10 plantas escogidas al azar una vez que alcanzaron la madurez de cosecha.

3.8.1.3 Madurez fisiológica. Se tomó cuando el 50% de las vainas de cada parcela presentaba un cambio de color verde a crema rojizo.

3.8.2 Rendimiento y componentes

3.8.2.1 Vainas por planta. De la parcela útil se tomaron 20 plantas de frijol al azar y se contaron las vainas, y se calculó un promedio.

3.8.2.2 Granos por vaina. Se utilizaron 50 vainas tomadas al azar de la parcela útil. Contando el número de granos para luego calcular un promedio.

3.8.2.3 Peso de 100 granos. Se contaron 100 granos del total de la parcela útil, se pesaron y se les midió la humedad.

3.8.2.4 Rendimiento. Se cosecharon las dos hileras centrales de cada parcela, se contó el número de plantas cosechadas, posteriormente fueron aporreadas y se pesó el grano cosechado

Para calcular el rendimiento de cada variedad se utilizó la siguiente fórmula:

Kg/ha = Peso de la parcela (g) x (10,000/AU) x 1/1,000 x ((100- porcentaje de humedad real) / (100 - porcentaje de humedad deseada)).

AU= Area útil

3.9 ANALISIS ESTADISTICO

Todos los datos fueron analizados en el programa estadístico SAS (Statistic Analysis System).

Se hizo un análisis de varianza (ANDEVA) con tres criterios principales: densidad, fertilización y variedades y sus respectivas interacciones.

Para discriminar los tratamientos se realizó la prueba de separación de medias (lsmean).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Todos los resultados de rendimiento de campo y sus componentes que se presentan fueron ajustados por medio de un análisis de covarianza, debido a que se encontraron diferencias altamente significativas entre las poblaciones del cultivo en los diferentes tratamientos.

Debido al manejo irregular del riego y la falta de precipitación en las diferentes etapas de crecimiento del cultivo, todas las variables presentaron una reducción considerable en comparación con los parámetros normales de las dos variedades (Cuadro 1).

El cultivo en general recibió aproximadamente 144 mm de agua en todo el ciclo, inferior en un 60% a los requerimientos normales, siendo las etapas fenológicas más importantes las que menor cantidad de agua recibieron (Anexo 3).

4.1 VARIABLES FENOLOGICAS

Los resultados generales se presentan en el Cuadro 2:

Cuadro 2. Efectos de los tratamientos sobre las variables fenológicas de frijol, El Zamorano, Honduras, 2001.

Tratamientos			Variables fenológicas					
VAR	DENS (pl/ha)	N (kg/ha)	AP (cm)	DFS	DFDS	DMFS	DMFDS	
TC-75	150,000	80	24	51	36	85	70	
		120	20	51	36	85	70	
		160	24	49	34	84	69	
	200,000	80	18	51	36	85	70	
		120	18	52	37	86	71	
		160	22	51	36	86	71	
	250,000	80	16	51	36	85	70	
		120	17	51	36	85	70	
		160	22	51	36	85	70	
	Milenio	150,000	80	25	50	35	84	69
			120	21	50	35	84	69
			160	21	50	35	83	68
200,000		80	21	50	35	84	69	
		120	22	51	36	85	70	
		160	16	51	36	85	70	
250,000		80	18	51	36	84	69	
		120	19	51	36	85	70	
		160	19	52	37	86	71	

VAR= Variedad; DENS= Densidad; N= Nivel de nitrógeno; AP= Altura de la planta; DFS= Días a floración a partir de la siembra; DFDS= Días a floración después de la siembra; DMFS= Días a madurez fisiológica a partir de la siembra; DMFDS= Días a madurez fisiológica después de la siembra.

La diferencia entre los días a floración antes y después de la siembra, y días a madurez fisiológica antes y después se deben a que el cultivo demoró 15 días en germinar y establecerse en el campo debido a la falta de agua; tomando en cuenta esta diferencia los resultados presentados después de germinación son los que se aproximan a los promedios normales de las variedades presentadas bajo condiciones normales.

Cuadro 3. Niveles de significancia (Prueba F) para las variables fenológicas, El Zamorano, Honduras, 2001.

Fuentes de variación	Altura de la planta	Días a floración	Días a madurez fisiológica
Variedad (V)	0.3390	0.3624	(0.0380)
Densidad (D)	0.3056	0.4484	0.9062
Nivel de N (N)	0.5644	0.7834	0.7048
V*D	0.8678	0.7410	0.8276
V*N	(0.0054)	0.2313	0.3982
D*N	0.1107	0.7698	0.8889
V*D*N	0.8217	0.8059	0.6410

Los valores que aparecen en paréntesis son significativos ($P < 0.05$).

Cuadro 4. Correlaciones entre el rendimiento, las variables fenológicas y componentes de rendimiento, El Zamorano, Honduras, 2001.

Variabes	Rendimiento	
	Relación	Probabilidad*
Altura	0.66971	0.0001
Floración	-0.37387	0.0012
Madurez Fisiológica	-0.37729	0.0011
Vainas/planta	0.62399	0.0001
Granos/vaina	0.74137	0.0001
Peso de 100 granos	0.23635	0.0456

*Significativas a una $P < 0.05$

4.1.1 Altura de la planta

Esta variable tuvo una media de 19.88 cm inferior en un 40% a la altura promedio de las variedades (Cuadro 1), este efecto pudo deberse a las condiciones ambientales y de manejo, debido a que el cultivo se sembró en época seca y el riego no fue eficiente, durante las etapas de germinación hasta floración.

El modelo utilizado para determinar el comportamiento de esta variable fue significativo y el ajuste de los datos al mismo fue de un 68% (R^2). El coeficiente de variación fue 16.10%.

Cuadro 5. Altura de la planta de dos variedades de frijol, El Zamorano, Honduras, 2001.

Variedad	Nivel de N (kg/ha)	Altura de la planta	
		8 (cm)	
TC-75	80	19	b*
	120	18	B
	160	23	A
Milenio	80	21	Ab
	120	21	Ab
	160	19	B

* Medias de las misma columna seguidas por la misma letra no son diferentes significativamente.

Se encontraron diferencias significativas de la interacción variedad x nivel (Cuadro 3). Tío Canela 75 presentó mayor altura a niveles más altos de N mientras que no fue significativamente diferente a niveles bajos e intermedios, mientras que Milenio presentó mayor altura a niveles bajos e intermedios de aplicación de N, sin que fueran significativamente diferentes (Cuadro 5).

Probablemente estas diferencias se deban a que las características genéticas de cada variedad, resulten más eficientes en respuesta de las diferentes aplicaciones de N bajo condiciones de estrés hídrico.

Se encontró una relación directa entre la altura de la planta y el rendimiento 0.67 (Cuadro 4), probablemente a mayor altura dependiendo de las características genéticas y las interacciones con el medio ambiente y condiciones de manejo, se pueden alcanzar mayores rendimientos.

4.1.2 Floración

El modelo utilizado para esta variable no fue significativo (Anexo 2) y el ajuste de los datos al modelo fue de 33% (R^2). La variación de los datos con respecto al promedio fue 3.27% (CV); a pesar de que las dos variedades demoraron en iniciar la etapa de floración, relativamente ésta fue uniforme.

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos sobre esta variable probablemente las variedades fueron más afectadas por las condiciones agroecológicas, que causaron el atraso general de todo el experimento (Cuadro 3).

Se encontró una relación inversa significativa con la variable rendimiento de -0.37 (Cuadro 4), probablemente en el caso de este ensayo, a una floración más tardía los rendimientos van a ser más bajos debido al alargamiento de la etapa vegetativa.

4.1.3 Días a madurez fisiológica

La diferencia de los días a madurez fisiológica en comparación con la descripción de cada variedad se debió al atraso en el establecimiento del cultivo a causa del estrés hídrico general en todo el estudio.

El ajuste de los datos fue de 41% (R^2). La variación que se presentó en el estudio fue de 3%.

Cuadro 6. Días a madurez fisiológica de dos variedades de frijol, El Zamorano, Honduras, 2001.

Variedad	Días a madurez fisiológica
Tío Canela 75	85.22 a *
Milenio	84.72 b

* Medias de la misma columna seguidas por la misma letra no son diferentes significativamente

Se encontraron diferencias significativas entre variedades, Tío Canela 75 fue más tardío que Milenio (Cuadro 6) y se encontró una relación inversa entre esta variable con el rendimiento de -0.38 (Cuadro 4).

En el caso del estudio al presentar días más tardíos a madurez fisiológica, el rendimiento va a disminuir, probablemente esta relación se vea afectada por las condiciones agroecológicas presentadas, que afectaron en general al cultivo.

4.2 RENDIMIENTO Y COMPONENTES

Los efectos de los tratamientos sobre el rendimiento y sus componentes se presentan en el Cuadro 7.

4.2.1 Rendimiento

El rendimiento promedio de todo el experimento a una humedad de 13% fue de 379 kg/ha que en relación con el promedio de las variedades fue inferior (Cuadro 1) en 1,257 kg/ha. Esta reducción de los promedios se debió al efecto que causó la sequía y la falta de riego en las etapas críticas de crecimiento de frijol, por esta razón se puede observar que los demás componentes de rendimiento también tienen promedios inferiores a los promedios alcanzados por las variedades (Anexo 2).

El modelo utilizado para determinar el efecto de esta variable fue significativo y el ajuste de los datos fue de un 68% (R^2), pero el coeficiente de variación es de un 45% (Anexo 2). Lo que corrobora que esta variación es debida a las condiciones ambientales desfavorables y de manejo no fueron controladas adecuadamente; debido a esto, algunas parcelas fueron cosechadas una vez entrada a madurez fisiológica para evitar germinación

en las vainas por exceso de humedad en el ambiente provocada por lluvias que se presentaron en esta etapa del cultivo.

Cuadro 7. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento y sus componentes, El Zamorano, Honduras, 2001.

Tratamientos			Rendimiento y Componentes				
Variedad	Densidad (pl/ha)	Nivel de N (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Vainas/planta	Granos/vaina	Peso de 100 granos (g)	
TC-75	150,000	80	1,013	12	5	23	
		120	316	11	5	22	
		160	700	12	5	21	
	200,000	80	207	8	4	21	
		120	157	10	4	22	
		160	348	10	5	23	
	250,000	80	136	7	4	21	
		120	34	8	4	23	
		160	1,033	8	5	21	
	Milenio	150,000	80	729	11	5	22
			120	593	10	5	21
			160	568	10	5	22
200,000		80	421	10	5	22	
		120	381	7	4	23	
		160	241	8	4	23	
250,000		80	317	8	4	23	
		120	253	9	4	23	
		160	229	8	4	22	

Cuadro 8. Nivel de significancia (Prueba F) para el rendimiento y componentes, El Zamorano, Honduras, 2001.

Fuentes de variación	Rendimiento	Vainas/planta	Granos/vaina	Peso de 100 granos
Variedad (V)	0.3761	0.0922	0.9637	(0.0373)
Densidad (D)	(0.0089)*	(0.0012)	(0.0036)	0.7741
Nivel de N (N)	(0.0001)	0.5917	0.2243	0.2674
V*D	(0.0114)	0.2837	0.6420	0.0732
V*N	(0.0030)	0.2166	(0.0108)	0.5925
D*N	(0.0714)	0.3315	0.6267	(0.0485)
V*D*N	(0.0335)	0.2289	0.4775	(0.0579)

* Variables que aparecen entre paréntesis son significativas (P<0.05).

Se detectaron diferencias significativas para la interacción de densidad de siembra, nivel de N y variedades.

La variedad Tío Canela 75 presentó rendimientos superiores con 80,000 pl/ha con niveles de N 80 y 160 kg/ha y 250,000 pl/ha con 160 kg/ha. Los rendimientos inferiores que se presentan, fueron a 150,000 pl/ha con 120kg/ha de N. a 200,000 pl/ha en todos los niveles de N y 250,000 pl/ha con 80 y 120 kg/ha (Cuadro 9).

Se observó que entre niveles de N los rendimientos presentan una tendencia tipo campana siendo los rendimientos intermedios los menores en todos los casos.

Los rendimientos más altos para esta variedad probablemente se deban a la respuesta varietal a la competencia por N, ya que se presentaron diferencias estadísticas en las interacciones anteriores.

Cuadro 9. Efecto de la interacción variedad (densidad x nivel) en el rendimiento de dos variedades de frijol. El Zamorano, Honduras, 2001.

Variedad	Densidad (pl/ha)	Nivel de N (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	
TC-75	150,000	80	1,013	a*
		120	316	fgh
		160	700	bc
	200,000	80	207	gh
		120	157	gh
		160	348	gh
	250,000	80	136	h
		120	34	h
		160	1,033	a
Milenio	150,000	80	729	b
		120	593	bcdf
		160	568	cdefg
	200,000	80	421	cdefgh
		120	381	cdefgh
		160	241	defgh
	250,000	80	317	efgh
		120	253	gh
		160	229	gh

* Medias de la misma columna seguidas por la misma letra no son diferentes significativamente

Milenio presentó mayores rendimientos en 150,000 pl/ha con en todos los niveles de N y 200,000 pl/ha con 80 kg/ha. La tendencia de esta variedad es lineal y decreciente, dentro de las interacciones que puede tener más efecto sobre la variedad puede ser el nivel de N ya que a medida que se aumenta el nivel y la densidad la respuesta es menos favorable

bajo las condiciones del ensayo, probablemente el nivel máximo de densidad este entre 150,000 y 200,000 pl/ha y el nivel de N entre 80 y 120 kg/ha.

4.2.2 Vainas por planta

El número de vainas se vio afectado significativamente por la densidad de plantas/ha. Tuvo un ajuste significativo al modelo y los datos se ajustaron en un 56% a este modelo (R^2); y una variabilidad de 19% (CV) (Anexo 2).

Cuadro 10. Vainas por planta en tres densidades poblacionales, El Zamorano, Honduras, 2001.

Densidad (pl/ha)	Vainas por planta
150,000	10 a*
200,000	9 b
250,000	8 b

* Medias de la misma columna seguidas por la misma letra no son diferentes significativamente

El número de vainas más alto correspondió a la densidad más baja; fue significativamente diferente a densidades intermedias y altas, probablemente la competencia entre el cultivo es menor, lo que permite que la planta pueda producir una mayor cantidad de vainas por planta (Cuadro 10).

Se encontró una relación directa entre el número de vainas por planta y el rendimiento de 0.62 (Cuadro 4), con lo que se puede decir que bajo las condiciones de manejo (época de siembra, y falta de agua), hubo una cantidad inferior al número de vainas que las dos variedades pueden presentar, por lo tanto el rendimiento fue afectado significativamente por este factor.

4.2.3 Granos por vaina

Esta variable fue afectada por la interacción variedad por nivel de N y por la densidad de plantas.

La media para esta variable fue de 4.42 granos por vaina (Anexo2), fue inferior a los promedios presentados por las variedades que son de 6 y 7 granos para Tío Canela 75 y Milenio respectivamente (Cuadro 1).

El modelo utilizado para determinar el comportamiento de la variable fue significativo y tuvo un ajuste de los datos de 64% (R^2). La variación de los datos respecto a la media fue de 13% relativamente es bajo.

Cuadro 11. Efecto de la densidad sobre el número de granos por vaina. El Zamorano, Honduras, 2001.

Densidad (pl/ha)	Granos por vaina*
150,000	4.70 a
200,000	4.42 ab
250,000	4.12 b

* Medias de la misma columna seguidas por la misma letra no son diferentes significativamente

Se encontró que a densidad 150,000 pl/ha se alcanzó el mayor número de granos en comparación con 200,000 y 250,000 pl/ha (Cuadro 11), ya que permite un mejor desarrollo a densidades menores por tener menor competencia resulta en mayor número de granos.

Cuadro 12. Efecto de la densidad sobre el número de granos por vaina de dos variedades de frijol. El Zamorano, Honduras, 2001.

Variedad	Nivel de N (kg/ha)	Granos por vaina
Tío Canela 75	80	4.26 b
	120	4.25 b
	160	4.83 a
Milenio	80	4.79 a
	120	4.25 b
	160	4.27 b

* Medias de la misma columna seguidas por la misma letra no son diferentes significativamente

Tío Canela 75 a un nivel de N alto alcanzó el mayor número de granos, aunque no fue estadísticamente diferente a Milenio con nivel bajo de N, las dos variedades bajo los otros tratamientos no fueron estadísticamente diferentes (Cuadro 12).

A pesar que las dos variedades son tolerantes a sequía, Tío Canela 75 responde de manera positiva al incremento de nivel de N. Esta variedad presentó una mayor eficiencia genética a la absorción de N que Milenio en condiciones de sequía ya que puede aprovechar esos incrementos.

Bajo las condiciones del estudio, Milenio fue afectado por los incrementos de N ya que conforme se incrementa el nivel de N la variedad disminuye el número de granos por vaina, probablemente sea una respuesta directa de las condiciones ambientales al desempeño de la variedad.

Se encontró una relación directa entre esta variable y el rendimiento de 0.74 (Cuadro 4), ya que al alcanzar un mayor número de granos en este caso como respuesta a la variedad y nivel de N se refleja en el rendimiento presentado, además de la respuesta de las variedades bajo estas condiciones como muestran las tendencias.

4.2.4 Peso de 100 granos

La media general para esta variable fue de 22.23 gramos, que es similar a los promedios que presentan las dos variedades (Cuadro 1). El modelo que se utilizó para determinar el comportamiento fue significativo y el ajuste de los datos fue de 48% (R^2), con una variabilidad de los datos de 4% (Anexo 2). El peso de 100 granos fue afectado por la interacción variedad x densidad x nivel de N (Cuadro 7).

Cuadro 13. Peso de 100 granos en dos variedades de frijol bajo tres densidades poblacionales y tres niveles de nitrógeno, El Zamorano, Honduras, 2001.

Variedad	Densidad (pl/ha)	Nivel de N (kg/ha)	Peso de 100 granos (g)		
TC-75	150,000	80	22.84	a	
		120	22.04	abcd	
		160	21.25	bcd	
	200,000	80	21.19	cd	
		120	21.86	ab	
		160	22.84	ab	
	250,000	80	20.39	d	
		120	22.71	abc	
		160	21.34	abcd	
	Milenio	150,000	80	21.79	abcd
			120	21.33	bcd
			160	22.25	abc
200,000		80	22.25	abc	
		120	22.83	ab	
		160	22.60	abc	
250,000		80	22.73	ab	
		120	23.02	a	
		160	22.27	abc	

* Medias de la misma columna seguidas por la misma letra no son diferentes significativamente

La variedad Tío Canela no presentó diferencias estadísticas de 150,000 pl/ha combinado con 80 kg/ha de N, 120 kg/ha de N; 200,000 pl/ha con 120 kg/ha, 160 y 250,000 pl/ha con 120 y 160 kg/ha.

A pesar de que no existen diferencias entre estos tratamientos el comportamiento de Tío Canela 75 responde a incrementos de alta densidad y fertilización y con densidades bajas y niveles bajos de N. Milenio a 80,000 pl/ha, con 80, 160 kg/ha de N, y a una densidad de 200,000 pl/ha con 120kg/ha, 160 kg/ha de N y 250,000 pl/ha con 120 kg/ha de N, no existen diferencias significativas (Cuadro 13).

Probablemente el peso de 100 granos fue el factor que más influyó en el ensayo debido a que no se alteró ni fue menor al promedio normal de las variedades, probablemente al

haber una menor población en el campo, menor número vainas y granos puede haber un efecto de compensación de la planta a producir granos más pesados.

Se encontró una relación positiva con el rendimiento de 0.28 (Cuadro 4), a pesar de que es baja esta relación, de igual manera, dependiendo del vigor de las variedades y de la reacción que tengan las mismas a diferentes densidades y niveles de N se pueden alcanzar efectos positivos en el rendimiento.

5. CONCLUSIONES

Los resultados que se presentaron en este ensayo fueron inferiores a los niveles normales que presentan las variedades, por las condiciones climáticas en la que fue sembrado el ensayo, siendo la falta de agua el principal problema para el desarrollo normal de las variedades.

La variedad Tío Canela 75 presentó una tendencia curvilínea en todas las densidades, el nivel de N de 120 kg/ha en las tres densidades poblacionales fue el que presentó los menores rendimientos. Milenio presentó una tendencia lineal decreciente en todas las densidades.

La variedad Tío Canela 75 comparada con Milenio bajo las condiciones en las que se montó el experimento, respondió mejor a los tratamientos de altas densidades y altos niveles de N y baja densidad, bajo y alto nivel de N.

Milenio respondió mejor en tratamientos que sean en densidades intermedias y bajas al igual que el nivel de N tuvo mejor respuesta esta variedad a niveles más bajos, probablemente bajo las condiciones del ensayo la curva de incrementos decrecientes para el nivel de N puede tener el pico máximo entre 80 y 120 kg/ha y 150,000 y 200,000 plantas/ha.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar otros ensayos separados en los que implique el uso de estas dos variedades, que involucren un estudio más específico de densidades y otros niveles de nitrógeno; en especial para el caso de Milenio, por el comportamiento presentado bajo las condiciones del experimento tiene respuestas favorables a densidades y niveles de fertilización bajos e intermedias y una respuesta poco favorable a altas densidades y niveles de nitrógeno.

Debido a los rendimientos pobres que se presentaron en este estudio por las condiciones mencionadas no se recomienda ningún tratamiento en general.

Se recomienda realizar este estudio bajo condiciones climáticas favorables al cultivo, ya que por falta de las mismas las variedades no pudieron expresar su potencial genético y muchas de las diferencias que se podían haber encontrado posiblemente fueron enmascaradas por este efecto.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDREWS, K. L.; QUEZADA, J. R. 1989. Manejo Integrado de Plagas Insectiles en la Agricultura: Estado Actual y Futuro. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras, Centroamérica. 623 p.

BENETT, W. 1993. Nutrient Deficiencies and Toxicities. The American Phytopathological Society. St Paul, Minnesota, United States of America. 202 p.

BERTSCH, F. 1998. La fertilidad de suelos y su manejo. San José, Costa Rica. ACCS. 157 p.

BRADY, N. 1990. The Nature and Properties of Soils. 10 th ed. New York, United States of America. Macmillan Publishing Company. 621 p.

BRADY, N.; WEIL, R. 1999. The Nature and Properties of Soils. 12 th ed. New Jersey, United States of America. Prentice-Hall, Inc. 881 p.

CIAT, 1978. Programa de Frijol. Informe de 1978. Cali, Colombia. CIAT. 81 p.

CIAT. 1994. Problemas de producción del frijol en los trópicos. 2 ed. Pastor-Corrales, M. y Shwartz, H. F. (eds.). Cali, Colombia. 805 p.

DICTA. 1998. El cultivo del frijol. Guía para uso de empresas privadas, consultores individuales y productores. Tegucigalpa, Honduras. Ediciones Zas. 39 p.

DOMINGUEZ, A. 1997. Tratado de fertilización. 3 ed. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. 613 p.

FAO. 1989. Estrategias en materia de fertilizantes. Colección FAO: Fomento de Tierras y Agua. Roma, Italia. FAO. 162 p.

FIXEN, P. 1996. Nutrient management following conservation reserve program. Better Crops 80:16-19.

Citado por: SUMMER, M. 2000. Handbook of Soil Science. Florida, USA. CRC Press LLC.

GEPTS, P.; KMIĘCICK, K.; PEREIRA, P; BLISS, F. A. 1988. Dissemination pathways of common beans (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae) deduced from phaseolin electrophoretic variability, I: The Americas. *Econ. Bot.* 40(4): 451-468.

Citado por: SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. 1991. *Common Beans. Research for Crop Improvement.* United Kingdom. CIAT. 980 p.

GLIESSMAN, S. R. 2000. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture.* United States of America. CRC Press . 357 p

GUERRERO, A. 1996. *El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos.* 2da ed. España. Grafo, S. A. 206 p.

HALL, E. A. 2001. *Crop Responses to Environment.* 2nd ed. United States of America. CRC Press. 232 p.

JONHSON, N.; KLASS, J. 1999. *Bean Adoption-Honduras* (en línea). Consultado 3 sep. 2001. Disponible en: www.ciat.cgiar.org/inslinks/Anual99/cap2c.html

LETOURNEAU, D. K. 1997. Plant-arthropod interactions in agroecosystems, pp 239-290 in L. E. Jackson (ed.) *Ecology in Agriculture*, Academic Press, San Diego, California
Citado por: HALL, A. 2001. *Crop Responses to Environment.* 2nd ed. United States of America. 232 p.

PIERZYNSKY, G. M.; SIMS, T. J.; VANCE, F.G. 2000. *Soils and Environmental Quality.* 2nd ed. United States of America. CRC Press. 459 p.

PPI (POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE). 1997. *Manual internacional de fertilidad de suelos.* United States of America. PPI. 1- 13 p.

ROSAS, J. C. 1998. *El Cultivo del Frijol Común en América Tropical.* Zamorano, Honduras. Zamorano Academic Press. 52 p.

SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. 1991. *Common Beans. Research for Crop Improvement.* United Kingdom. CIAT. 980 p.

SUMMER, M. 2000. *Handbook of Soil Science.* Florida, USA. CRC Press. 191 p.

TISDALE, S.; NELSON, W.; BEATON, J.; HAVLIN, J. 1993. *Soil Fertility and Fertilizers.* 5 ed. United States of America. Maxwell Macmillan. 634 p.

TROEH, F; THOMPSON, L. 1993. *Soils and Soil fertility.* 5 ed. New York, United States of America. Oxford University Press. 462 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo de San Nicolás, Cuadrante 4

Fecha de entrada: 08-02-2001

Fecha de salida: 22-02-2001

PH (H ₂ O)	5.43	Fuertemente ácido
% M.O.	2.34	Medio
% N _{total}	0.11	Medio
P ppm (Disponible)	10	Bajo
K ppm (Disponible)	195	Alto
Ca ppm (Disponible)	1,072	Medio
Mg ppm (Disponible)	112	Bajo

Anexo 2. Nivel de significancia para todas la variables

FV	AP	DF	DMF	RTO	VP	GV	PCG
Media	19.88	50.84	85	379.42	9.09	4.41	22.23
CV %	16.10	3.27	2.92	47.48	19.26	12.83	4.39
R ²	0.6755	0.3394	0.4164	0.84	0.5585	0.6400	0.4846
Pr>F	0.0001	0.6444	0.2618	0.001	0.0103	0.0005	0.0745

Valores significativos a un (P<0.05)

FV=	Fuente de variación
AP=	Altura de la planta
DF=	Días a floración
DMF=	Días a madurez fisiológica
RTO=	Rendimiento
VP=	Vainas/planta
GV=	Granos/vaina
PCG=	Peso de 100 granos

Anexo 3. Comparación de los requerimientos de agua del cultivo con los riegos aplicados

Marzo		Abril		Mayo			
Germinación y establecimiento		Crecimiento vegetativo		Floración y desarrollo de vainas		Llenado de vainas y madurez	
↑	51*	↑	↑ 37.5	↑	55.5	↑	
76**		97		89		88	

* Cantidad de mm de agua aplicados incluido la precipitación promedio mensual

** Cantidad de mm de agua aproximados que necesita el cultivo por etapas



Riegos aplicados entre 25 y 12.5 mm

| Precipitación promedio mensual (mm). La precipitación de mayo no se consideró porque las lluvias se presentaron en el momento de madurez fisiológica y cosecha.