

36  
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

EFFECTO DE NIVELES DE NITROGENO. FOSFORO Y  
DENSIDAD DE POBLACION EN EL RENDIMIENTO  
Y SUS COMPONENTES EN FRIJOL  
(Phaseolus vulgaris L.)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERA AGRICOLA  
P R E S E N T A :  
MA. DEL SOCORRO E. MONROY ESTRADA

DIRECTOR DE TESIS:  
DR. AQUILES CARBALLO CARBALLO



CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1991



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

	PAG.
LISTA DE CUADROS . . . . .	i
LISTA DE FIGURAS . . . . .	iii
RESUMEN . . . . .	v
I. INTRODUCCION . . . . .	1
1.1 Objetivos . . . . .	3
1.2 Hipótesis . . . . .	4
II. REVISION DE LITERATURA . . . . .	5
2.1 El rendimiento y sus componentes . . .	5
2.2 Fertilización . . . . .	8
2.3 Efecto del Nitrógeno en el rendimiento y componentes de rendimiento en frijol	11
2.4 Efecto del Fósforo en el rendimiento y componentes del rendimiento en frijol	15
2.5 Interacciones entre el Nitrógeno y el Fosfóro . . . . .	19
2.6 Efecto de la densidad de población en el rendimiento y sus componentes . . .	22
III. MATERIALES Y METODOS . . . . .	29
3.1 Localización . . . . .	29
3.2 Clima . . . . .	31
3.3 Suelos . . . . .	31

3.4	Material genético . . . . .	32
3.5	Dosis de fertilización . . . . .	32
3.6	Densidad de población . . . . .	34
3.7	Diseño experimental . . . . .	34
3.8	Labores de cultivo . . . . .	35
3.9	Control de plagas . . . . .	35
3.10	Cosecha . . . . .	35
3.11	Variables evaluadas . . . . .	36
3.12	Análisis estadístico . . . . .	37
IV.	RESULTADOS . . . . .	39
4.1	Análisis de varianza considerando el factorial completo . . . . .	39
4.2	Comparación de medias de tratamientos para el factorial completo . . . . .	39
4.3	Análisis de varianza para efectos de factores principales e interacciones sobre el peso de grano y componentes del rendimiento . . . . .	43
4.4	Efectos lineales y cuadráticos de los tratamientos del factorial completo sobre algunas variables del rendimiento y componentes del rendimiento . . . . .	44
4.5	Contrastes entre tratamientos adicionales . . . . .	47
4.6	Diferencias porcentuales de rendimiento y componentes del rendimiento en los contrastes con significancia estadística . . . . .	51

4.7 Correlaciones del peso de grano y componentes del rendimiento bajo el efecto de Nitrógeno, Fósforo y densidad de población, en el frijol Bayomex, en Jolalpan, Méx. 1988. . . . .	54
V. DISCUSION . . . . .	57
5.1 Generalidades . . . . .	57
5.2 Efecto de la fertilización en el rendimiento y componentes del rendimiento . . . . .	58
5.2.1 Fertilización nitrogenada . . . . .	58
5.2.2 Fertilización fosforada . . . . .	59
5.3 Efecto de la densidad de población en el rendimiento y componentes del rendimiento . . . . .	60
5.4 Rendimiento y componentes del rendimiento en los tratamientos adicionales . . . . .	62
VI. CONCLUSIONES . . . . .	64
VII. BIBLIOGRAFIA . . . . .	66

## LISTA DE CUADROS

CUADRO		PAG.
1	Relación de tratamientos del factorial completo $3^3$ más tratamientos adicionales evaluados en Jolalpan, Méx. en 1988.	33
2	Valores de F y su significancia estadística en el análisis de varianza del factorial completo, para peso de grano y componentes del rendimiento del frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.	40
3	Resultados de la prueba de Tukey para la comparación de medias del rendimiento y componentes del rendimiento de la variedad de frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.	41
4	Resultados del análisis de varianza para el efecto de factores principales sobre el peso de grano y componentes del rendimiento del frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.	43
5	Significancia estadística de efectos lineales y cuadráticos de los factores principales sobre el peso de grano y componentes del rendimiento del frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.	47
6	Pruebas de contrastes entre tratamientos adicionales y testigo, para peso de grano y componentes del rendimiento de frijol. Jolalpan, Méx. 1988.	50

7	Diferencias porcentuales de peso de grano y componentes del rendimiento del frijol, en los contrastes con significancia estadística. Jolalpan, Méx. 1988.	52
8	Coefficientes de correlación del peso de grano y componentes del rendimiento bajo el efecto de la densidad de población en el frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.	55
9	Coefficientes de correlación del peso de grano y componentes del rendimiento bajo el efecto de la fertilización nitrogenada en el frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.	56
10	Coefficientes de correlación del peso de grano y componentes del rendimiento bajo el efecto de fertilización fosforada en el frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.	56

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PAG.
1	Efecto del nitrógeno sobre el peso del grano y número de vainas vanas por planta en frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.	45
2	Efecto del nitrógeno sobre el número de granos por vaina y el peso de granos por planta, en frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.	45
3	Efecto del nitrógeno sobre el peso de la planta total en frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.	46
4	Efecto de la densidad de población sobre el peso de grano y el número de plantas cosechadas, en frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.	46
5	Efecto de la densidad de población sobre el número de vainas por planta y el número de granos por vaina, en frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.	48
6	Efecto de la densidad de población sobre el número de granos por planta y el peso de granos por planta en frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.	49



7

Efecto de la densidad de población sobre el peso de cien granos y el peso de planta total en frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.

48

## RESUMEN

En nuestro país el frijol es uno de los productos agrícolas de mayor importancia, puesto que representa una de las principales fuentes de proteína que la población de escasos recursos requiere para satisfacer su demanda alimenticia.

En el Estado de México, el cultivo del frijol se caracteriza por tener baja productividad ya que generalmente se trabaja en regiones con características climáticas desfavorables, de tal forma que en la búsqueda para incrementar el rendimiento y la producción, se ha intensificado la investigación obteniéndose buenos resultados mediante el uso de fertilizantes, variedades mejoradas y densidades óptimas de población.

Bajo estas condiciones, con la finalidad de evaluar el efecto de nitrógeno, fósforo y densidad de población en el rendimiento y componentes del rendimiento de frijol bajo condiciones de secano, se sembró el 21 de junio de 1988 en San Pablo Jolalpan, México, la variedad mejorada Bayomex bajo niveles de nitrógeno y fósforo de 20, 40 y 60 kg ha<sup>-1</sup>, así como densidades de población de 120, 160 y 200 mil plantas por hectárea, conformando un factorial completo 3<sup>2</sup>, más cin-

co tratamientos adicionales que se establecieron en un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones.

A la cosecha se evaluó el rendimiento y sus componentes, los cuales se sometieron a un análisis de varianza para estimar el efecto de los factores principales y de sus interacciones, así como el efecto lineal y cuadrático de los mismos; también se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey al 5% para la comparación de medias, así como una prueba de contrastes entre las variables estudiadas.

De los resultados obtenidos se concluye que existe un incremento lineal del peso de grano como respuesta al nitrógeno y a la densidad de población; mientras que los componentes número de vainas por planta (NVPP), número de granos por vaina (NGPV), número de granos por planta (NGPP), peso de grano por planta (PGPP) y peso de planta total (PPT) se abaten linealmente a mayores densidades.

Mientras que el uso de variedades mejoradas, y la fertilización nitrogenada aplicada a la siembra son alternativas para incrementar el rendimiento de frijol, el fósforo sólo mostró tendencias que habría que considerar en trabajos posteriores.

## I. INTRODUCCION

Las actividades agropecuarias cada día requieren más de la atención del hombre, dado que la producción en general necesita crecer a un ritmo mayor; así como la producción de proteínas para el consumo humano, mismas que deben ser obtenidas en nuestro país para cubrir las deficiencias que en este renglón se tienen.

De las fuentes tradicionales de proteínas vegetales, por importancia destacan las leguminosas, entre las que se encuentra el frijol común, que es uno de los alimentos prioritarios en nuestra dieta diaria; lo que ha originado que la investigación agrícola de este cultivo se desarrolle en diferentes direcciones tratando siempre de alcanzar aumento en la producción por unidad de superficie.

Alrededor del 80% de la superficie cultivada con esta leguminosa se realiza bajo condiciones de temporal y el resto se hace con riego o con humedad residual. En estas condiciones en las que el cultivo depende de regímenes variables de lluvia en cuanto a cantidad y distribución, el efecto negativo de los factores como suelos poco fértiles, plagas, enfermedades, altos requerimientos de mano de obra y la falta

de una comercialización adecuada, han hecho del frijol un cultivo riesgoso que determina incertidumbre sobre su rendimiento.

Generalmente la agricultura temporalera es practicada en extensiones pequeñas que aprovechan en forma muy limitada la tecnología moderna, y su producción, basada en métodos tradicionales, es fundamentalmente para satisfacer el consumo familiar, siendo característico de este tipo de agricultura, los bajos rendimientos que suelen asociarse con escaso uso de las técnicas modernas de la producción.

En las últimas décadas ha existido una preocupación creciente por incrementar los rendimientos agrícolas e ingresos de los productores de subsistencia; para dicho propósito es fundamental la generación de tecnologías con miras a aumentar la productividad muy por encima de lo obtenido con su tecnología tradicional.

Es así como en diversas regiones de México, que presentan características similares a las referidas anteriormente, se ha intensificado la investigación agrícola con esta finalidad, obteniéndose buenos resultados mediante el uso de fertilizantes, variedades mejoradas y utilizando densidades óptimas de población; no obstante, existe la necesidad de in -

tensificar aún más este tipo de estudios en regiones específicas.

En el Estado de México, al igual que en otros estados de la República, se tienen áreas que podrían ser consideradas como regiones críticas en donde se practica fundamentalmente un tipo de agricultura tradicional; como es el caso de Jolalpan, Municipio de Tepetlaoxtoc, lugar elegido para la realización de este trabajo. Por tanto, de acuerdo a lo señalado anteriormente, y en base a antecedentes de la problemática de la mencionada región, se plantea este trabajo con los siguientes objetivos e hipótesis:

#### 1.1 Objetivos

1. Evaluar el efecto de niveles de nitrógeno, fósforo y densidad de población, sobre el rendimiento y sus componentes, en el cultivo del frijol.
2. Determinar qué factor de la producción confiere la mejor expresión del rendimiento y sus componentes.

## 1.2 Hipótesis

- a) El rendimiento de grano y sus componentes en el cultivo de frijol, son afectados por la aplicación de nitrógeno, fósforo y por la densidad de población.
- b) De los factores de producción, la densidad de población muestra el mayor efecto en el rendimiento y componentes del rendimiento del frijol.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 El rendimiento y sus componentes

El rendimiento es el resultado de la interacción entre genotipo y medio ambiente; considerándose como la expresión fenotípica de interés antropocéntrico, resultante final de los procesos fisiológicos, que se reflejan en la morfología de la planta (Kohashi, 1979); en frijol se maneja comercialmente el peso de vaina como ejote o el de semilla al 12% de humedad.

Los principales componentes fisiológicos del rendimiento son: la acumulación de fotosintatos, que puede expresarse como el peso seco total de la planta (rendimiento biológico); y la distribución de dicho fotosintato, representado por el peso de la semilla (rendimiento económico).

El rendimiento biológico tiene su expresión morfológica en las estructuras de la planta como la raíz y los diferentes órganos aéreos como tallos, hojas, flores, botones y frutos. Por otro lado el rendimiento económico tiene su expresión morfológica en el grano, el cual se considera como la resultante de una secuencia de otros componentes llamados morfológi-



cos, tales como vainas, pericarpio, flores, botones, yemas etc. (Kohashi, 1990).

Los componentes del rendimiento son todas aquellas partes de la planta que regulan la producción de la semilla; Duarte y Adams (1972) los clasifican en dos tipos: morfológicos y fisiológicos, e incluyen dentro de los primeros al número de vainas por planta, número de granos por vaina y el peso de la semilla; en tanto que dentro de los fisiológicos mencionan el número y tamaño de hoja.

Se señala que ningún componente es más importante que el número de vainas por planta, y una explicación a este fenómeno la dan Duarte y Adams (1972), al hacer la observación de que el número de vainas por planta contiene en sí misma a los otros dos componentes del rendimiento (número de granos por vainas y peso de semilla). Por otra parte se ha observado que estos tres componentes principales se correlacionan entre sí, en forma negativa; lo cual según Adams (1967), es un fenómeno ampliamente difundido en diversos cultivos; asimismo menciona que el número de vainas por planta es el componente de rendimiento que muestra mayor variabilidad por efectos ambientales y también por ser cronológicamente anterior al número de semillas por vaina y al tamaño de las semillas.

Del Campo (1982) observó en el cultivo de frijol un comportamiento similar al descrito por Duarte y Adams (1972); pues detectó una alta variabilidad para el carácter vainas por planta, la que atribuyó a la incidencia de efectos ambientales por ser cronológicamente anterior a las demás componentes del rendimiento, ya que estas últimas causaron menor susceptibilidad.

Los estudios de componentes del rendimiento en frijol y otras leguminosas comestibles son numerosos; en ellos se han observado a los distintos componentes cuando las plantas se han sometido a diversas modificaciones estructurales, ambientales, o bien, en diferentes genotipos.

Dennis y Pinchinat (citados por Granados, 1983), observaron que el rendimiento por planta está determinado por número de vainas por planta, número de granos por vainas y peso de grano.

Por su parte Díaz (1974) encontró que el rendimiento en frijoles de mata y semiguía estuvo correlacionado positivamente con el peso seco total por planta, tamaño de la semilla y el número de vainas por planta.

Aguilar y Díaz (1977) en un análisis de correlación entre diferentes componentes del rendimiento, vieron que al aumentar uno de ellos (número de vainas por  $m^2$  de superficie), otros como el tamaño del grano disminuye.

Fanjul (1978) señala que para lograr la máxima expresión del rendimiento de un cultivo, es necesario que tanto la fuente, como la demanda de los fotosintatos estén operando a su máxima capacidad y que a su vez exista un equilibrio entre ambos. Para que esto sea posible se requiere: 1) una alta eficiencia en la intercepción de la radiación solar en el dosel vegetal; 2) una velocidad de fotosíntesis alta; 3) un transporte eficiente de los fotosintatos a través del sistema de conducción y 4) una óptima utilización de los azúcares en los órganos que constituyen la demanda de interés para la cosecha.

## 2.2 Fertilización

La productividad de un cultivo depende de la interacción entre factores internos y externos (ambientales). Los primeros, según Fassbender (citado por Del Campo, 1982) son los que pueden fijar las posibilidades de un máximo desarrollo sobre la producción, por encontrarse localizados en el complejo genético de la planta; mientras que los factores externos pueden determinar el grado de expresividad de los inter -

nos tanto desde el punto de vista del desarrollo, como de la productividad. Es difícil alterar algunas condiciones que pueden presentar los factores externos; sin embargo, es posible mejorar la relación de nutrimentos en el suelo mediante la aplicación de fertilizantes, y por esta razón, la falta de éstos en el suelo no es determinante con respecto a la productividad del cultivo de frijol, puesto que pueden ser incorporados en forma de fertilizantes, y en cambio las deficiencias de características tanto físicas como biológicas son las que pueden actuar como limitantes de la productividad.

Los frijoles en cuanto a principios de fertilización, son exigentes en fósforo y potasio, reflejando la deficiencia de estos elementos mientras que las necesidades de nitrógeno, están aseguradas con la simbiosis bacteriana de las raíces, pero se debe extremar el cuidado de no suministrar un exceso de este elemento, porque desarrollaría perjudicialmente la vegetación en detrimento de la fructificación (Sánchez, citado por Chamba, 1985).

El máximo crecimiento de frijol con hábito de crecimiento determinado, ocurre 50 días después de la emergencia, pero la máxima absorción de los nutrientes nitrógeno, potasio y calcio, acontece antes; mientras que con la absorción de magnesio y azufre ocurre después (entre 70 y 60 días); la in

tensidad de absorción de estos nutrimentos disminuye posteriormente (Haag *et al.*, 1967). En contraste con los patrones anteriores, el fósforo es absorbido durante todo el ciclo (Oliker y Poljakoff-Mayber, 1980).

En el área del Valle de México, Molina (1975) aplicó dosis de 0, 60 y 300 kg/ha, de nitrógeno y conjuntamente aplicaciones de 100 kg/ha de fósforo, que se pueden considerar como muy altas; no habiendo obtenido aumentos significativos en el rendimiento de grano por hectárea. Sin embargo, se recomienda en general para cultivar frijol para grano en toda esta región, utilizar la fórmula de fertilización 40-40-00 al igual que para toda la región de Iquala, Gro. (SARH, 1981a).

El cultivo de frijol requiere normalmente una fertilización nitrogenada que va desde los 40 a los 100 kg ha<sup>-1</sup>; sin embargo, varios autores han encontrado, que no obstante que se incrementa el rendimiento, la adición de altas dosis de nitrógeno químico reduce la fijación de este elemento pues inhibe y reduce el número de nódulos por planta (Chavez *et al.*, 1977); en cambio el fósforo, aumenta el rendimiento así como la nodulación (Campos, 1986; Russell, 1961; Oviedo, 1971).

La actividad de las bacterias en los nódulos comienza a ser efectiva cuando la planta de frijol tiene una altura de 15 a 25 cm; es decir, cuando tiene de dos a tres pares de ho

jas, incrementándose rápidamente hasta la etapa de floración y decreciendo a cero antes de la madurez fisiológica, por lo que resulta de vital importancia complementar rápidamente la fertilización (Westermann, 1978).

### 2.3 Efecto del nitrógeno en el rendimiento y componentes del rendimiento en frijol

El nitrógeno es uno de los elementos que las plantas contienen en mayores cantidades, e interviene en la composición de todas las proteínas simples y compuestas que constituyen la principal componente del citoplasma de las células vegetales; entra en la composición de los ácidos nucleicos, se encuentra en la clorofila, en los fosfatidos, alcaloides, aminoácidos, polipéptidos y muchos otros compuestos orgánicos de las células (Abdulgalil y Zeida, 1978; Yaqodin et al., 1986).

A pesar de que existe una gran cantidad de nitrógeno en la atmósfera en forma de gas ( $N_2$ ), este no puede ser absorbido por la mayoría de las plantas excepto por las leguminosas a través de la simbiosis (Tisdale y Nelson; citados por García, 1987).

Un deficiente suministro de nitrógeno ocasiona en general un debilitamiento de la planta que repercute en la mala

formación y desarrollo de los órganos reproductivos y en la formación de grano (Guerrero, 1981; Yagodin *et al.*, 1986). En opinión de Ramírez (1969), en la producción efectiva (vainas) de las plantas de frijol tiene poca influencia la deficiencia de potasio, sin embargo los síntomas visuales de calcio y nitrógeno sobre la producción de vainas se manifiesta en una disminución en el rendimiento de la planta.

Se ha encontrado que aplicaciones tardías de nitrógeno tienen como respuesta menor rendimiento de grano, pero mayor contenido de proteína que las aplicaciones tempranas; sin embargo, éstas últimas también originan una concentración de sales en el suelo y por consiguiente, una disminución del potencial osmótico, lo cual obstaculiza en época de secas la absorción de agua por las raíces (Guerrero, 1981).

En relación al efecto del nitrógeno sobre los componentes del rendimiento, Del Campo (1982) y Asif y Greig (1972) observaron que en general el número de vainas por planta es la única componente del rendimiento afectada por la aplicación de fertilizantes, incrementándose principalmente al aumentar las dosis de nitrógeno.

La fertilización se debe realizar en el tiempo oportuno para asegurar que la planta tenga nitrógeno disponible cuando lo necesite y también evitar su desperdicio. Cuando se

realizan aplicaciones en la siembra, la planta satisface su necesidad de nutrientes provenientes del suelo, desde su germinación, iniciando así un desarrollo vegetativo más vigoroso, haciendo posible una mayor producción de tallos y hojas que finalmente se refleja en los rendimientos de rastrojo; en cambio, cuando la aplicación inicial de nitrógeno es a la primera o segunda labor, el cultivo se ve afectado por una deficiencia de nitrógeno en la etapa inicial de su desarrollo (Chavez; citado por Fuentes, 1990).

La época de aplicación es importante sobre todo cuando la fertilización es al suelo, ya que sobre ella influye la fuente del fertilizante, el suelo y el contenido de humedad aprovechable. Newton (1982) indica que al aplicar 100 kg de nitrógeno por hectárea a la siembra aumentó el rendimiento de grano en un 70%, existiendo una correlación positiva entre el rendimiento y la concentración de nitrógeno en grano.

Molina (1975) asevera que la absorción del nitrógeno disminuye entre los 50 y 60 días después de la siembra, y que además la eficiencia de la utilización de este nutriente no decreció con la aplicación de 100 kg de nitrógeno, mientras que la del fósforo se incrementó con la adición del mismo.



Chipman (citado por Howeler, 1980) señala que el cultivo del frijol no presenta altos requerimientos de fertilización, al estudiar niveles de nitrógeno de 20.2 o 40 kg ha<sup>-1</sup>; de fósforo 35.5 o 70.4 kg ha<sup>-1</sup>, y de potasio 33.5 o 67.0 kg ha<sup>-1</sup>. Los mayores incrementos en rendimiento por la fertilización fueron de 51.6% con la aplicación de sólo 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, y el aumento ocasionado por la fertilización fosfatada fue de 47.7%; sin embargo Taylor *et al.* (1983) reportan que al fertilizar con dosis de 60 a 100 kg de nitrógeno, se incrementaron los rendimientos de grano de 15.4 a 33.0% sobre sus testigos; al efectuar aplicaciones de dosis nitrogenadas más elevadas, como 120 a 130 kg ha<sup>-1</sup>, se reportan incrementos en el rendimiento de grano desde un 12.0 a 75.76% respecto al testigo.

La aplicación de nitrógeno y molibdeno en dosis de 30 a 60 kg ha<sup>-1</sup>, y 14.5 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, tienen efectos significativos sobre el rendimiento de grano, número de nódulos y peso de 100 semillas, pero el número de vainas no es afectado (Sameni *et al.*, 1980).

## 2.4 Efecto del fósforo en el rendimiento y componentes del rendimiento en frijol

El fósforo es uno de los nutrientes primarios requeridos en altas cantidades por las plantas; su limitada disponibilidad en el suelo generalmente restringe el crecimiento, haciendo necesaria la aplicación de fertilizantes fosfatados como una práctica común para contrarrestar posibles deficiencias; sin embargo estas aplicaciones son severamente afectadas en su eficiencia por fenómenos de absorción, precipitación y oclusión. Por estas razones en numerosas ocasiones el problema no es el factor capacidad sino el factor intensidad, el cual se ve afectado negativamente por una gran cantidad de factores entre los que resultan la humedad del suelo, la interacción con otros elementos químicos, el contenido de materia orgánica, el tipo de arcilla, algunos factores bióticos y otros como la temperatura y el pH del suelo.

Así en suelos ácidos (pH menor de 6.2) los fosfatos reaccionan con el hierro y el aluminio que se encuentran en ellos; en cuanto a los suelos alcalinos (pH mayor a 7), el calcio es responsable directo de la precipitación de los fosfatos, y de esta forma el fósforo de alta solubilidad aplicado al suelo es rápidamente transformado a compuestos menos solubles, los cuales con el tiempo disminuyen su disponibilidad para las plantas (Ozanne, 1980).

Normalmente las plantas absorben la mayoría del fósforo en forma de ión primario ortofosfato ( $H_2PO_4^-$ ) y en menores cantidades el ión secundario ortofosfato ( $HP_4^{2-}$ ); las cantidades absorbidas por las plantas de estos dos iones son afectados por el pH del medio que rodea a las raíces (Tisdale y Nelson, 1982).

Las principales fuentes de obtención del fósforo para las plantas son los fosfatos cuya asimilación en forma de ortofosfato se hace más rápida cuando hay un aporte de nitrógeno en forma inorgánica como la urea; en tanto que, cuando es absorbido en forma de nitratos, la disminución de las provisiones externas de fósforo provocan su rápida movilidad de las hojas hacia los tejidos de crecimiento (Meyer et al., 1976; Weir et al., 1980).

La deficiencia de fósforo tiende a ser uno de los factores más limitantes para la producción de cultivos ya que esta deficiencia hace que la planta presente serios problemas en su desarrollo debido al amplio espectro de acción que tiene en las funciones metabólicas de la planta. El frijol generalmente no llega a presentar síntomas claros de deficiencias de fósforo, excepto en casos extremos donde el crecimiento puede ser lento, las hojas se tornan amarillas y mueren primero las más viejas, aparentemente por una transferencia de fósforo de las hojas viejas a los tejidos en creci -

miento (Cook y Miller; citados por Díaz de León, 1986).

Los síntomas más comunes por la deficiencia del fósforo, se manifiestan en un lento crecimiento y desarrollo de la planta; el floema y xilema presentan poco desarrollo, una pobre floración y fructificación, lo que trae como consecuencia bajos rendimientos en frutos y semillas (Rodríguez, 1982).

Garate (1986) provocó un déficit de fósforo a plantas de frijol, encontrando una disminución en el contenido nutricional de éstas, así como también en el peso seco del material vegetal, siendo más notorio este efecto en el periodo correspondiente al final de la floración; asimismo dicho déficit provoca una acumulación de nitrógeno y potasio.

La deficiencia de fósforo puede ser modificada por algunos mecanismos de adaptación en donde la planta puede afectar el estado del fósforo del suelo adyacente a su sistema radical, disminuyendo el pH por excreción de  $\text{CO}_2$  y ácidos orgánicos, haciendo más solubles los fosfatos de calcio; también puede aumentar la solubilidad de fosfatos de aluminio y fierro por excreción de agentes quelatantes orgánicos (Cajuste, 1977; Rodríguez, 1982).

Todos los nutrimentos minerales son translocados (redistribuidos) en grado variable durante el crecimiento de la planta; mucho del nitrógeno y fósforo así como algo de potasio, son translocados de las hojas de la planta, luego se transportan al grano; aparentemente las variedades más precoces son más eficientes para acumular nutrimentos que las tardías, pero las cantidades absorbidas son menores que las de éstas (Hanway y Thompson; citados por García, 1987).

La absorción del fósforo es más rápida en las primeras etapas de crecimiento, pues cuando el 50% del fósforo total ha sido absorbido, sólo el 20% del crecimiento se ha realizado (Dean y Fried, 1953).

Schlehuber y Tucker (1967) señalan tres situaciones que ocurren a medida que la planta crece y absorbe fósforo de la solución del suelo: 1) una disminución de la concentración del fósforo en la solución del suelo adyacente a la raíz, 2) el fósforo de la fase sólida en contacto con la solución del suelo entra a abastecer el fósforo absorbido por las raíces, 3) la raíz crece en nuevas zonas de solución del suelo, repitiéndose los procesos 1 y 2.

Sánchez (citado por Paladinez y Pérez, 1977) manifiesta que el frijol en cuanto a fertilización es muy exigente en fósforo y potasio. Fontes (1972) señala que la fertilización

fosfatada es requerida para una buena nodulación e incrementa el peso seco del frijol en un 77%.

Resultados similares fueron reportados por Surynarayana y Kumar (1984) quienes encontraron que 20 kg de nitrógeno  $ha^{-1}$  y 100 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  más inoculante era la mejor combinación para maximizar la producción de grano.

El fósforo es necesario para el suministro de energía a los nódulos y en su ausencia no crecen ni fijan nitrógeno (Gates, 1974); según Adnrew (1978) se requiere más nitrógeno para la nodulación que para el crecimiento de la planta hospedera; mientras que De Mooy y Pesek (1966) reportaron que se necesita mayor cantidad de fósforo para llevar a los nódulos a su máxima actividad que para iniciar el proceso de infección y nodulación.

### 2.5 Interacciones entre el nitrógeno y el fósforo

La interrelación del nitrógeno y el fósforo en el metabolismo de las plantas se observa cuando las cantidades de fosfato disponibles son bajas ya que los compuestos orgánicos nitrogenados son mayormente absorbidos, mientras que cuando los primeros abundan, disminuye la absorción de los segundos. Estos desequilibrios se observan en maduración

temprana de los cultivos, lo cual indica un exceso de fósforo o en su defecto si la madurez se retrasa las cantidades de fósforo son escasas. Un aspecto de la interrelación nitrógeno-fósforo se ve en la proliferación radicular en las plantas por acción directa del fósforo, que a su vez actúa por la presencia del nitrógeno (Weir *et al.*, 1979; Yagodin *et al.*, 1986).

En relación al incremento en la capacidad de asimilación del nitrógeno y el fósforo, se ha visto que en el caso del trigo las aplicaciones del nitrógeno favorecen el mejor desarrollo del sistema radical permitiendo una mayor absorción del fósforo y del mismo nitrógeno. Los iones fosfato para ser absorbidos por las plantas están expuestos a competencia aniónica; así una fertilización nitrogenada a base de nitratos puede impedir hasta cierto grado la absorción del fósforo, más aquella base de amoníaco (Norman, 1959).

Laurenco *et al.* (1978) considerado que el nitrógeno se mueve en el agua del suelo como ión nitrato, mientras que el ión nitrato se mueve lentamente en el suelo y a cortas distancias; encontró que existe un efecto positivo del nitrógeno en el rendimiento y en la utilización del fertilizante fosforado, sobre el cultivo del frijol.

Wettmen y Teubner (1959) mediante aplicaciones al suelo de fósforo radiactivo en cultivos agrícolas, han probado que la mayor exigencia del mismo es durante la primera etapa del crecimiento puesto que el fósforo es el elemento que se absorbe más difícilmente por las plantas. Al respecto Alcalde (1981) indica que la primera demanda de fósforo se presenta durante la formación de raíces y el segundo gran máximo se observa al iniciarse la fase reproductiva.

Delgado (citado por Paladinez y Pérez, 1977) estudió el efecto de la fertilización fosfórica en el frijol en condiciones de invernadero, aplicando al momento de la siembra y en tres tipos de suelo; concluye que el nivel crítico de fósforo en la planta correspondió al momento de la aparición de las primeras flores. Por su parte García (1987) encontró que la aplicación de fósforo no provocó a la cosecha incrementos significativos de grano y paja, sin embargo se obtuvo una tendencia de estos a aumentar de aproximadamente 1100 a 1450 kg ha<sup>-1</sup> entre las dosis 0 y 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>; dosis superiores a esta provocaron una disminución de los rendimientos de ambos, en tanto que los máximos incrementos de rendimiento obtuvieron con la dosis de 60 kg de fósforo por hectárea.

Chavez (citado por Herrera, 1982) en un ensayo de fertilización en frijol probó los niveles de fertilización 0, 25



y 50 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, 0, 75 y 150 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo y 0, 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup> de potasio; concluyó que el nitrógeno en su dosis de 25 kg ha<sup>-1</sup> dio el más alto rendimiento con un incremento de 34.3%, bajando el rendimiento cuando se aplicó 150 kg ha<sup>-1</sup>. Los rendimientos más notables se obtuvieron cuando el fósforo actuó en combinación con el nitrógeno que con el potasio.

#### 2.6 Efecto de la densidad de población en rendimiento y sus componentes

El comportamiento del rendimiento de un cultivo se da como respuesta a las diferentes prácticas agronómicas y a la constitución genética de las plantas, siendo las primeras la forma más inmediata de modificar los componentes del rendimiento y en donde la densidad de población es uno de los factores principales que influye directamente en la magnitud de dichos componentes (Díaz de León, 1986).

Al momento de la siembra el peso seco de la planta está representado por el peso seco total de los embriones, y la relación entre producción y densidad de población en ese tiempo es perfectamente lineal, de tal forma que la producción por unidad de área se vuelve independiente del número de semillas sembradas en un largo rango de densidades. Las plantas en altas densidades sufren más temprano el desequilibrio

fisiológico debido a sus vecinos, mientras que plantas en más bajas densidades lo hacen cuando tienen mayor desarrollo (Harper; citado por Costa, 1981).

Al involucrar cambios en densidad, generalmente las respuestas de crecimiento y rendimiento son diferentes; para el crecimiento se tiene que basar en la producción de materia seca o en el área foliar, y para el crecimiento en la producción de grano (García, 1987).

En el cultivo del frijol se han realizado trabajos en componentes del rendimiento mediante los cuales se ha podido determinar que el número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de granos, son los componentes del rendimiento más importantes (Ruíz *et al.*, 1988).

En estudios para determinar el efecto de la densidad de población en el rendimiento y características agronómicas del frijol, Agudelo *et al.* (citados por Costa, 1981) concluyeron que de los componentes del rendimiento el número de vainas por planta es el más afectado por las variaciones de la densidad de población, siendo más bajo cuando la densidad de población es alta. Asimismo Kohashi (1990), en lo que toca a los componentes del rendimiento en frijol menciona que el tamaño de la semilla es poco plástico, en cambio otros componentes como el número de vainas por planta son muy plásticos.

El tamaño de las semillas por vaina no es afectado por las variaciones de competencia entre plantas, sin embargo el número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de ramas por planta sí disminuyen conforme aumenta la competencia entre plantas; por otra parte, el reducir las distancias entre surcos y plantas disminuye el número de vainas por planta y se incrementa la altura de la planta (Bastidas, 1969).

El rendimiento y gran número de sus componentes como número de vainas por planta y por metro cuadrado, número de semillas por planta y por metro cuadrado y número de semillas por vaina son afectados en forma significativa por la densidad de población (Kohashi, 1990).

Los trabajos de Costa y Costa *et al.* (citados por Kohashi, 1990) en Chapingo, han proporcionado las siguientes evidencias: i) el grado de ramificación disminuye conforme se incrementa la densidad de población; ii) dentro de ciertos límites, el rendimiento de semilla está en relación directa con el grado de ramificación y iii) las variedades de hábito indeterminado presentan una mayor plasticidad en lo que respecta a este y otros caracteres, que las de hábito determinado.

Carbalho (1982) observó en sus estudios que el rendimiento por planta disminuyó en todas las variedades a medida que aumentaba la densidad de población; esa disminución estuvo relacionada con la reducción del número de vainas por planta mientras que el número de semillas por vaina y el peso de 100 semillas se mantuvo constante, a excepción de C-107, en 1981. El rendimiento por metro cuadrado no varió de manera significativa entre densidades de población en todas las variedades en estudio y en los años de cultivo. Este hecho puede ser explicado por una reducción muy drástica (superior a un 70%) en el rendimiento por planta en las densidades más altas, lo que no permitió una compensación por parte del número de plantas por metro cuadrado. Cuando la diferencia de rendimiento por planta es muy grande (superior a un 70%) entre la densidad más baja y la más alta, disminuye la probabilidad de ocurrir diferencia significativa entre densidad de población, con relación al rendimiento por metro cuadrado.

El distanciamiento entre plantas generalmente tiene efectos sobre la morfología de la planta misma, así como en la producción de materia seca y de grano, efectos que se ven influenciados en mayor o menor grado por el hábito de crecimiento (Escalante, 1983).

El grado de ramificación está determinado por el hábito de crecimiento, y es modificado por la densidad de población mediante los factores ambientales, posiblemente de luz y de disponibilidad de agua y nutrimentos en el suelo (Kohashi, 1990).

Con el objeto de determinar la influencia de la densidad de población sobre determinadas características agronómicas del cultivo de frijol "Carota", usando la variedad ICA Tui y manejando seis poblaciones, se llegó a concluir que la altura de la planta aumenta al ser mayor la competencia, mientras que disminuye el número de vainas, el peso de la planta y el rendimiento por planta. De los componentes del rendimiento el más variable es el número de vainas por planta, seguido por el número de granos por vaina, y el más estable fue el tamaño del grano. El rendimiento se correlaciona positivamente con el número de vainas por planta y número de granos por vaina, correlación que puede ser positiva o negativa, por lo tanto, esta asociación es variable (Bastidas, 1969).

En forma general, se encuentra que a medida que aumenta el número de plantas por unidad de área de siembra, disminuye el peso seco de la planta; esta disminución en el peso seco de las semillas por planta conlleva a bajos rendimientos (Aguilar et al., 1984).

Cuando la densidad es alta, se incrementan los valores del índice de área foliar, pero estos no siempre se correlacionan positivamente con el rendimiento del grano. Cuando la densidad es menor, las plantas presentan valores más altos de área foliar, lo que se traduce en mayor rendimiento por planta; sin embargo, este mayor rendimiento por planta en muchos casos no compensa la capacidad productiva de poblaciones mayores (Faiguenbaum; citado por Díaz y Aguilar, 1984).

Díaz y Aguilar (1984) encontraron que el peso seco por área, aumentó con la densidad de siembra pero disminuyó por planta, en todas sus partes siendo mayor la reducción de peso en las estructuras reproductivas (vainas y semillas). Encontraron además que el peso relativo (porcentaje) de las ramas fue mayor a densidades altas, mientras que el tallo principal, fue más o menos constante. En la distribución del peso seco dentro de la planta, el peso relativo de las hojas verdes, de las vainas y de las semillas producidas por las ramas fue menor a mayor densidad; mientras que el valor relativo (porcentaje) de estas mismas estructuras producidas por el tallo principal fue mayor cuando más alto fue el número de plantas por área de siembra.

Rojas *et al.* (1975) en un ensayo en el que se analizaron cuatro variedades de frijol, para determinar el efecto de cuatro distancias de siembra sobre el rendimiento y sus componentes, encontró que el número de vainas por superficie, número de granos por vaina y peso de los granos fueron los que determinaron el rendimiento. Asimismo no detectó efecto significativo en el número de granos por vaina y sobre el peso de los granos con las variaciones en las distancias de siembra. El número de vainas por superficie se correlacionó positivamente con el rendimiento y fue negativa con el número de granos por vaina.

### III. MATERIALES Y METODOS

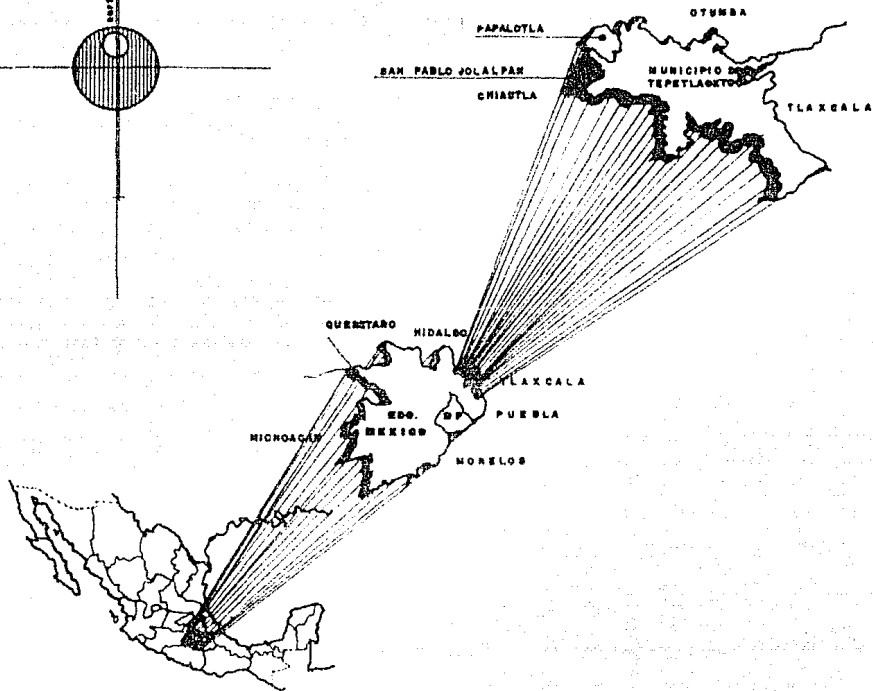
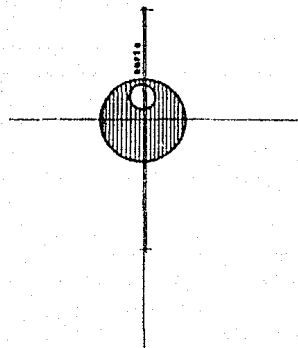
#### 3.1 Localización

El experimento se estableció bajo condiciones de temporal, el 21 de junio de 1988 en la localidad de San Pablo Jolalpan, situada en el municipio de Tepetlaoxtoc, Estado de México.

Este lugar se encuentra ubicado dentro de la región geográfica del Valle de México, teniendo como coordenadas 19° 34'30" latitud Norte y 98° 49'00" longitud Oeste; cuenta con una precipitación media anual de 592.58 mm, una temperatura media anual de 15.43° C y una altitud de 2290 metros sobre el nivel del mar.

El municipio de Tepetlaoxtoc se delimita al oeste por los municipios de Acolman, Chiautla y Papalotla; al norte con San Martín de las Piramides, Otumba y Teotihuacán; al este con el Estado de Tlaxcala y finalmente al sur con el municipio de Texcoco.





REPÚBLICA MEXICANA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

### 3.2 Clima

El clima predominante en la zona de estudio, de acuerdo al sistema de Köpen modificado por García (1982), se define como:  $BS_1Kw(w)(i')$ , donde:

$BS_1$ : Semiseco, el menos seco de los  $BS_1$ , con un cociente de precipitación total anual mayor de 22.4 mm.

$K$  : Templado de verano cálido, con temperatura media anual entre los 12 y 18°C, temperatura del mes más frío entre los 13 y 18°C, temperatura del mes más caliente sobre los 18°C promedio.

$w$  : Régimen de lluvias en verano; esto es, por lo menos dos veces mayor cantidad de lluvias en el mes más húmedo, de la mitad caliente del año, que el mes más seco.

$(w)$ : Con un porcentaje de lluvia invernal menor al 5% de la total.

$(i')$ : Con una oscilación térmica entre 5 y 7°C.

### 3.3 Suelos

Los suelos del área de estudio se originan principalmente de rocas ígneas extrusivas ácidas clasificándose como ver

tisoles de tipo pélico de alta fertilidad, textura fina y con drenaje interno moderado, pH entre 6.0 y 6.2; se agrían en la época de sequía, pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos; baja susceptibilidad a la erosión; la profundidad promedio es de 40 cm, de color negro o grises con clasificación textural migajón arcillo arenosa. Estos suelos tienen un uso potencial agrícola y pecuario.

### 3.4 Material genético

El material genético que se evaluó en este experimento, estuvo constituido por la variedad de frijol Bayomex y en tratamientos adicionales, la variedad Bayo Mecentral, así como el criollo de la región.

### 3.5 Dosis de fertilización

Se manejaron niveles de nitrógeno y fósforo de 20, 40 y 60 kg ha<sup>-1</sup>, así como 30 kg ha<sup>-1</sup> de potasio en un tratamiento adicional, utilizándose como fuente de estos elementos urea (46%), superfosfato de calcio triple (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y cloruro de potasio (60% K<sub>2</sub>O), respectivamente.

En la siembra fue aplicado todo el nitrógeno, fósforo y potasio, a excepción del tratamiento 32 (Cuadro 1) en el cual la aplicación antes mencionada fue en la primera escarda, el 25 de julio de 1988.

Cuadro 1. Relación de tratamientos del factorial completo 3<sup>3</sup> más tratamientos adicionales evaluados en Jolalpan, Méx. en 1988.

No. de Trat.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Densidad de población (miles de plantas ha <sup>-1</sup> )	Oportunidad de fertilización	Variedad
01	20	20	0	120	Siembra	Bayomex
02	20	20	0	160	Siembra	Bayomex
03	20	20	0	200	Siembra	Bayomex
04	20	40	0	120	Siembra	Bayomex
05	20	40	0	160	Siembra	Bayomex
06	20	40	0	200	Siembra	Bayomex
07	20	60	0	120	Siembra	Bayomex
08	20	60	0	160	Siembra	Bayomex
09	20	60	0	200	Siembra	Bayomex
10	40	20	0	120	Siembra	Bayomex
11	40	20	0	160	Siembra	Bayomex
12	40	20	0	200	Siembra	Bayomex
13	40	40	0	120	Siembra	Bayomex
14	40	40	0	160	Siembra	Bayomex
15	40	40	0	200	Siembra	Bayomex
16	40	60	0	120	Siembra	Bayomex
17	40	60	0	160	Siembra	Bayomex
18	40	60	0	200	Siembra	Bayomex
19	60	20	0	120	Siembra	Bayomex
20	60	20	0	160	Siembra	Bayomex
21	60	20	0	200	Siembra	Bayomex
22	60	40	0	120	Siembra	Bayomex
23	60	40	0	160	Siembra	Bayomex
24	60	40	0	200	Siembra	Bayomex
25	60	60	0	120	Siembra	Bayomex
26	60	60	0	160	Siembra	Bayomex
27	60	60	0	200	Siembra	Bayomex
28	40	40	0	160	Siembra	Bayo me central
29	40	40	0	160	Siembra	Criollo
30	0	0	0	160		Bayomex
31	40	40	30	160	Siembra	Bayomex
32	40	40	0	160	Escarda	Bayomex

Cabe señalar que la semilla no se inóculo, debido que a través de algunos trabajos de investigación en frijol, se ha demostrado que no existen en esta zona problemas por falta de *Rizobium phaseoli*; llegándose a la conclusión de que en estos suelos existen cepas nativas de dicha bacteria (Campos, 1990; comunicación personal)\*.

### 3.6 Densidad de población

Se evaluaron las densidades de población 120, 160 y 200 mil plantas  $ha^{-1}$ ; para lo cual al sembrar se utilizó el método de cadenas marcadas a distancias de 11.1, 8.3 y 6.6 cm entre matas, respectivamente, asegurando una planta por golpe.

### 3.7 Diseño experimental

Con los niveles de nitrógeno, fósforo y densidad de población, se conformó un diseño de tratamientos factorial de  $3 \times 3 \times 3$ , más cinco tratamientos adicionales con el propósito de comparar el potencial de la variedad central del estudio con otros genotipos, así como evaluar el efecto del potasio y la oportunidad de aplicación del fertilizante. Estos tratamientos se establecieron en un diseño experimental de

---

\* Campos E.,A. Investigador del Programa de Mejoramiento Genético de Frijol del CIFAP-México.

bloques al azar con tres repeticiones (Cuadro 1); cada parcela experimental comprendió cuatro surcos de cinco metros de largo por 0.75 m de ancho dando un área total de 15.0 m<sup>2</sup> por parcela experimental, para utilizar los dos surcos centrales como parcela útil.

### 3.8 Labores de cultivo

El cultivo se mantuvo libre de malas hierbas, mediante la aplicación del herbicida Basagran a razón de 1 litro ha<sup>-1</sup> en 200 litros de agua (12 de julio de 1988); posteriormente el control se realizó con dos escardas (20 de julio y 10 de agosto respectivamente) y dos deshierbes manuales (8 y 26 de agosto de 1988).

### 3.9 Control de plagas

La conchuela (*Epilachna varivestis*) fue la única plaga que se presentó en el cultivo y se combatió realizando una sola aplicación de Sevín 80 a razón de 1 kg<sup>-1</sup> en 200 litros de agua (14 de julio de 1988).

### 3.10 Cosecha

La cosecha se realizó los días 5 y 6 de octubre de 1988, cuando las vainas ya habían madurado; tomando como punto de

referencia la coloración de las mismas (café amarillento). Para evitar el desgrane, esta labor se realizó por la mañana cuando todavía había humedad por el rocío.

### 3.11 Variables evaluadas

A la cosecha en muestras de seis plantas por parcela útil se estimaron las siguientes variables:

Peso de grano (PG). Se pesó en gramos el total de grano de la muestra.

Porcentaje de humedad (PH). Se determinó mediante el método electrónico, con el equipo marca Steinlite modelo G, que utiliza una muestra de 250 gramos por grano.

Número de plantas cosechadas (NPC). Se realizó un conteo de las plantas cosechadas por parcela experimental.

Número de vainas por planta (NVPP). Se contó el número total de vainas normales por planta.

Número de grano por vaina (NGPP). Se determinó el número total de granos por vaina de cada planta.

Número de vainas vanas por planta (NVVPP). Se contaron el número total de vainas vanas por planta.

Número de granos por planta (NGPP). Se obtuvo el número total de grano por planta.

Peso de granos por planta (PGPP). Se pesó en gramos la cantidad total de granos por planta.

Peso de 100 granos (PCG). Se consideró tomando en cuenta el peso de 100 granos tomados al azar por planta.

Peso de la planta total (PPT). Se pesó en gramos la planta completa, incluyendo el grano.

Peso de paja por planta (PPPP). Se determinó el peso en gramos de la planta completa, excluyendo el grano.

### 3.12 Análisis estadístico

Análisis de varianza. El rendimiento y componentes de rendimiento de los tratamientos del factorial completo se sometieron a un análisis de varianza general, a un análisis para el efecto de factores principales e interacciones y finalmente a un análisis para determinar los efectos lineales y cuadráticos de los factores principales.



Comparación de medias. Los 27 tratamientos del factorial completo se compararon mediante la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad.

Comparación de tratamientos mediante la técnica de contrastes. Este procedimiento estadístico se realizó entre los cinco tratamientos adicionales y el testigo.

Coficiente de correlación. Se calcularon los coeficientes de correlación entre el peso de grano y los componentes de rendimiento con el objeto de conocer la relación entre estas y ayudar a explicar el mejor comportamiento de los tratamientos, según las variables en cuestión.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Análisis de varianza considerando el factorial completo

Los resultados del análisis de varianza para los tratamientos que comprenden el factorial completo de este estudio aparecen en el Cuadro 2, en el que se muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para las variables peso de grano, peso de grano por planta, número de plantas cosechadas, número de vainas por planta, número de granos por vaina, y número de granos por planta; en el resto de las variables evaluadas no se apreciaba una respuesta significativa. Para el número de vainas por planta, vainas vanas por planta, número de granos por planta y peso de 100 granos, existen diferencias significativas por efecto de repeticiones.

### 4.2 Comparación de medias de tratamientos para el factorial completo

Una prueba de comparación de medias (Tukey;  $P \leq 0.05$ ) fue realizada para las variables del experimento que mostraron respuesta significativa a los niveles de fertilización y densidad de población (Cuadro 3).

Cuadro 2. Valores de F y su significancia estadística en el análisis de varianza del factorial completo, para peso de grano y componentes del rendimiento del frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.

V a r i a b l e		Factor de variación	
		Repeticiones	Tratamientos
Peso de grano	F	2.07	1.77
	Pr>F	0.1366	0.4005
Porcentaje de humedad	F	0.15	0.52
	Pr>F	0.8572	0.9639
Número de plantas cosechadas	F	0.70	7.44
	Pr>F	0.5019	0.0001
Número de vainas por planta	F	3.36	2.15
	Pr>F	0.04	0.0095
Número de granos por vaina	F	2.61	0.98
	Pr>F	0.0833	0.0095
Vainas vanas por planta	F	8.02	1.33
	Pr>F	0.0009	0.1880
Número de granos por planta	F	6.22	2.42
	Pr>F	0.0038	0.0034
Peso de granos por planta	F	1.87	1.71
	Pr>F	0.1637	0.0502
Peso de 100 granos	F	15.19	1.01
	Pr>F	0.0001	0.4750
Peso de planta total	F	0.76	0.4729
	Pr>F	1.64	0.0647
Peso de paja por planta	F	1.21	0.92
	Pr>F	0.3078	0.5818

Cuadro 3. Resultados de la prueba de Tukey para la comparación de medias del rendimiento y componentes del rendimiento de la variedad de frijol Bayamon. Jalalpan, Méx. 1988.

Número de tratamiento	Peso de grano (g)	Porcentaje humedad (h)	Número de plantas cosechadas	Número de vainas por planta	Número de granos por vaina	Vainas por planta	Número de granos por planta	Peso de 100 granos (g)	Peso de planta total (g)	Peso de paja por planta (g)	Rendimiento $\text{kg ha}^{-1}$
1	0.72 ab	12.25 a	66.33 d	16.76 a	1.67 a	6.63 a	46.06 a	33.60 a	30.49 a	14.90 a	960 ab
2	0.82 ab	11.18 a	91.33 abcd	12.40 a	1.31 a	6.06 a	41.91 a	36.48 a	28.48 a	16.02 a	1093 ab
3	0.99 ab	11.62 a	121.33 a	10.03 a	1.21 a	5.43 a	27.26 a	32.55 a	24.11 a	15.70 a	1520 ab
4	0.67 b	11.42 a	71.0 cd	15.71 a	2.97 a	5.99 a	47.10 a	30.26 a	28.49 a	15.73 a	893 b
5	0.85 ab	11.45 a	95.0 abcd	14.71 a	1.52 a	6.30 a	40.10 a	31.28 a	29.78 a	14.64 a	1133 ab
6	0.90 ab	11.98 a	120.33 a	9.63 a	1.20 a	5.06 a	27.86 a	31.46 a	18.33 a	9.85 a	1200 ab
7	0.79 ab	11.27 a	69.33 cd	14.63 a	1.51 a	6.20 a	39.06 a	31.33 a	30.23 a	19.56 a	1053 ab
8	0.95 ab	11.63 a	92.0 abcd	10.96 a	1.21 a	5.43 a	27.63 a	36.18 a	20.91 a	13.15 a	1266 ab
9	0.81 ab	11.57 a	108.33 abc	10.43 a	1.07 a	7.16 a	26.96 a	35.26 a	24.51 a	14.15 a	1080 ab
10	0.81 ab	11.47 a	91.33 abcd	14.53 a	1.39 a	8.30 a	39.66 a	32.20 a	32.11 a	16.93 a	1080 ab
11	0.94 ab	11.68 a	104.0 abcd	13.30 a	1.25 a	5.56 a	41.10 a	32.48 a	27.73 a	12.26 a	1253 ab
12	0.91 ab	11.56 a	115.0 a	13.73 a	1.13 a	6.30 a	37.10 a	36.96 a	30.79 a	16.76 a	1213 ab
13	0.92 ab	11.70 a	69.33 cd	16.86 a	1.11 a	6.96 a	44.59 a	34.83 a	32.75 a	18.88 a	1226 ab
14	0.92 ab	11.87 a	94.0 abcd	12.40 a	2.99 a	9.26 a	31.89 a	35.12 a	28.55 a	15.79 a	1226 ab
15	0.93 ab	11.74 a	120.0 a	13.43 a	1.02 a	8.73 a	31.63 a	31.56 a	27.13 a	13.86 a	1240 ab
16	0.86 ab	11.15 a	70.67 cd	17.37 a	1.19 a	7.96 a	45.86 a	29.66 a	36.43 a	16.55 a	1146 ab
17	0.89 ab	11.76 a	92.33 abcd	12.63 a	1.26 a	9.06 a	42.32 a	31.32 a	29.45 a	19.77 a	1186 ab
18	0.96 ab	12.02 a	121.0 a	10.30 a	2.93 a	6.60 a	27.29 a	32.49 a	21.00 a	15.80 a	1280 ab
19	0.85 ab	11.43 a	67.33 cd	13.76 a	1.48 a	7.16 a	44.63 a	35.76 a	29.92 a	12.85 a	1133 ab
20	0.85 ab	11.46 a	81.67 abcd	14.6 a	1.67 a	4.96 a	39.27 a	34.40 a	27.64 a	13.50 a	1133 ab
21	0.96 ab	11.48 a	118.0 abc	13.73 a	1.46 a	5.06 a	39.96 a	32.19 a	24.72 a	13.75 a	1280 ab
22	0.82 ab	11.02 a	72.67 cd	15.10 a	1.64 a	6.61 a	45.40 a	34.12 a	33.36 a	18.68 a	1093 ab
23	0.92 ab	11.55 a	90.6 abcd	13.20 a	1.06 a	9.53 a	47.10 a	34.83 a	30.70 a	15.54 a	1226 ab
24	0.82 ab	12.26 a	117.67 abc	9.96 a	1.26 a	6.93 a	23.10 a	34.16 a	19.44 a	17.46 a	1093 ab
25	0.89 ab	11.48 a	77.33 cd	12.43 a	1.25 a	9.30 a	31.30 a	31.60 a	27.66 a	16.97 a	1186 ab
26	0.92 ab	11.39 a	96.33 abcd	12.63 a	1.15 a	6.53 a	36.43 a	34.33 a	31.10 a	18.54 a	1226 ab
27	1.01 a	12.50 a	121.33 a	9.81 a	1.15 a	9.43 a	28.46 a	38.93 a	25.17 a	15.04 a	1346 a

Medias seguidas por igual letra no difieren estadísticamente (Tukey  $P < 0.05$ ).

A excepción de peso de grano, número de plantas cosechadas y rendimiento por hectárea, el resto de las variables muestran un comportamiento estadísticamente similar entre tratamientos de tal forma que para analizar el efecto de los factores estudiados se podrá argumentar en relación a las tendencias de algunos de ellos.

Para peso de grano y rendimiento, existen básicamente dos tratamientos estadísticamente diferentes (27 y 4), situación que puede atribuirse tanto a los niveles de fertilización como a la densidad de población; el resto de estos tienen un comportamiento estadísticamente similar aún cuando se forman dos grupos de significancia, de tal manera que para su análisis, también será oportuno revisar las tendencias existentes.

Finalmente para el número de plantas cosechadas, la diferencia entre tratamientos es evidente, notándose en general tres grupos que corresponden a las densidades establecidas (120, 160 y 200 mil plantas por hectárea) en el cuadro de tratamientos (Cuadro 1).

### 4.3 Análisis de varianza para efectos de factores principales e interacciones sobre el peso de grano y componentes de rendimiento

Los resultados del análisis de varianza para evaluar el efecto de los factores nitrógeno, fósforo y densidad de población, así como el de sus interacciones sobre el peso de grano y componentes de rendimiento de los tratamientos del factorial completo de este experimento, se anotan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Resultados del análisis de varianza para el efecto de factores principales sobre el peso de grano y componentes del rendimiento del frijol Bajomes Jalisco, Méx. 1988.

Factor de variación	Peso de grano	Número de semillas	Número de vainas por plantas	Vainas vainas por plantas	Número de granos por planta	Peso de grano por planta	Peso de 100 granos	Peso de planta total
Repetición	NS	NS	**	**	**	**	**	NS
N	*	NS	NS	*	NS	**	NS	NS
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
D x P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
D	**	**	**	NS	**	**	NS	**
N x D	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N x P x D	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	11.89	12.49	20.20	32.86	22.61	23.09	10.58	21.47

\*, \*\* Significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente.

NS No significativo.

Una respuesta significativa del nitrógeno se aprecia en las variables peso de grano, vainas vainas por planta y peso de grano por planta; mientras que la densidad de población

afecta el peso de grano, número de plantas cosechadas, número de vainas por planta, número de granos por planta, peso de grano por planta y peso de planta total. El fósforo (P), las interacciones de primer orden ( $D \times P$  y  $N \times D$ ), y la interacción de segundo orden ( $N \times P \times D$ ), no mostraron efectos estadísticamente significativos para ninguna de las variables.

#### 4.4 Efectos lineales y cuadráticos de los tratamientos del factorial completo sobre algunas variables del rendimiento y componentes del rendimiento

Las variables peso de grano y número de vainas vanas por planta, muestran un comportamiento lineal significativo como respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Figura 1); mientras que el número de granos por vaina, peso de grano por planta y peso total de la planta tiene una respuesta cuadrática (Figuras 2 y 3); en relación al fósforo solamente el número de vainas vanas por planta tiene una respuesta lineal a este nutriente, y en ninguna variable existe respuesta en forma cuadrática (Cuadro 5).

De los factores estudiados, la densidad de población es la que mayor efecto tuvo en las características evaluadas debido a que hay una respuesta lineal del peso de grano y número de plantas cosechadas (Figura 4); número de vainas por

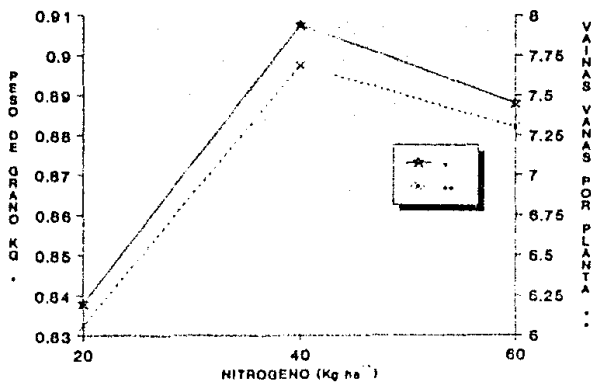


FIGURA 1 EFECTO DEL NITROGENO SOBRE EL PESO DEL GRANO Y NUMERO DE VAINAS POR PLANTA EN FRIJOL BAYOMEX, JOL. A. PAN, MEX. 1948

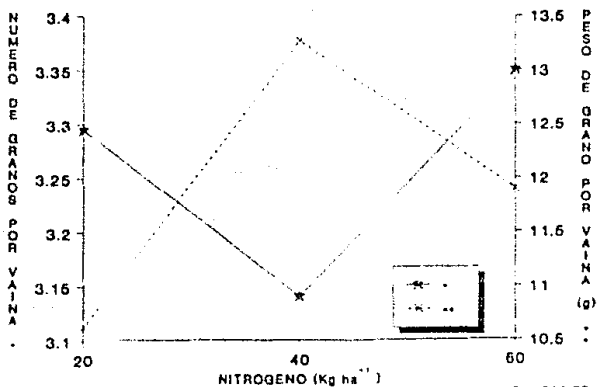


FIGURA 2 EFECTO DEL NITROGENO SOBRE EL PESO DE GRANOS POR VAINA Y EL PESO DE GRANOS POR PLANTA EN FRIJOL BAYOMEX, JOL. A. PAN, MEX. 1948



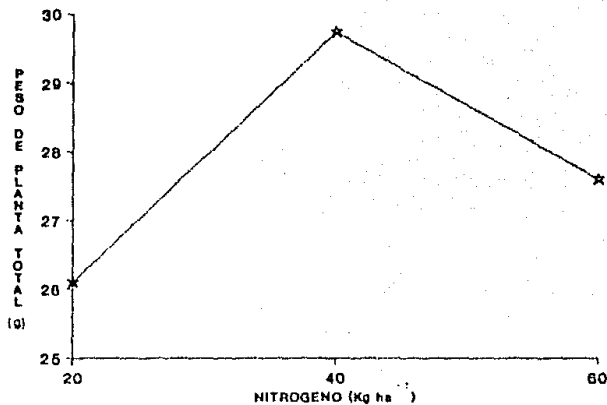


FIGURA 3. EFECTO DEL NITROGENO SOBRE EL PESO DE PLANTA TOTAL EN FRIJOL BAYOEX JOLALPAN, MEX. 1988

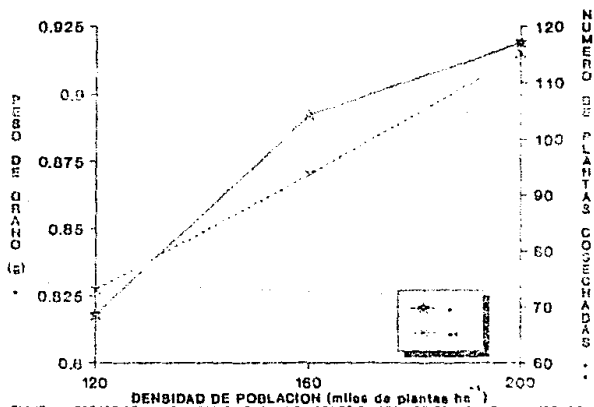


FIGURA 4. EFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION SOBRE EL PESO DE GRANO Y EL NUMERO DE PLANTAS COSECHADAS EN FRIJOL BAYOEX JOLALPAN, MEX. 1988

Cuadro 3. Significancia estadística de efectos lineales y cuadráticos de los factores principales sobre el peso de grano y componentes del rendimiento del frijol Bayona. Jalpan, Méx. 1988.

Efectos lineales y cuadráticos	Peso de grano	Número de plantas cosechadas	Número de vainas por planta	Granos por vaina	Valores vainas por planta	Número de granos por planta	Peso de grano por planta	Peso de 100 granos	Peso de planta total
M	*	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
N	NS	NS	NS	*	NS	NS	**	NS	*
P	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
F	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
D	**	**	**	*	NS	**	**	*	**
D	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	11.725	13.442	20.117	11.459	12.239	22.64	23.074	10.581	20.730

\*, \*\* Significancia estadística al 0.05 y 0.01, respectivamente.

NS No significativo.

planta, número de granos por vaina (Figura 5); número de granos por planta y peso de granos por planta (Figura 6); peso de 100 granos y peso de planta total (Figura 7); no obstante ninguna variable mostró un comportamiento cuadrático significativo por efecto de este factor.

#### 4.5 Contrastes entre tratamientos adicionales

Con el propósito de comparar el potencial genético en la región de la variedad central del estudio, así como eva -

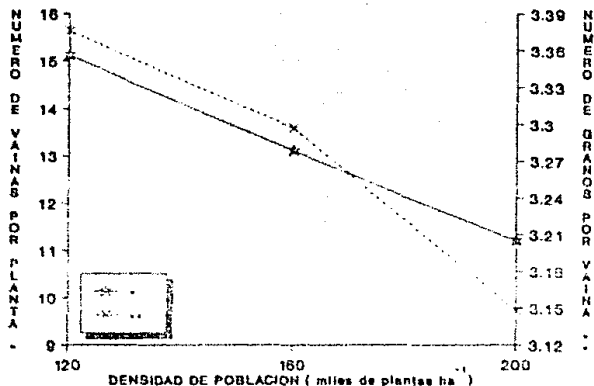


FIGURA 8. EFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION SOBRE EL NUMERO DE VAINAS POR PLANTA Y EL NUMERO DE GRANOS POR VAINA EN ENJIL BAPMER JALISCO, MEX. 1958

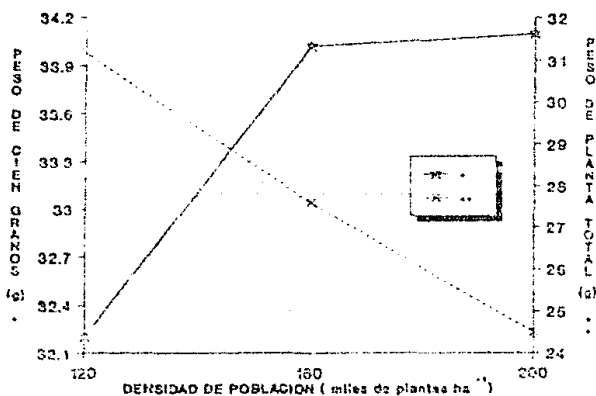


FIGURA 9. EFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION SOBRE EL PESO DE LOS GRANOS Y EL PESO DE PLANTA TOTAL EN ENJIL BAPMER JALISCO, MEX. 1958

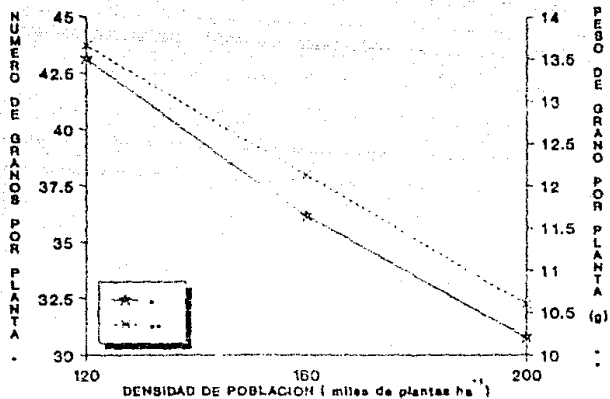


FIGURA 8. EFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION EN SOBRE EL NUMERO DE GRANOS POR PLANTA Y EL PESO DE GRANO POR PLANTA EN LA CUL. RACONIA, VOLCAN, MEX., 1968.

luar el efecto de fertilización y oportunidad de aplicación de nitrógeno, fósforo y fertilización potásica; se establecieron cinco tratamientos adicionales, los cuales se sometieron a una prueba de contrastes en que se tomó como punto de comparación el tratamiento 14 (Cuadro 1) que representa la fórmula óptima recomendada por INIFAP para esta área.

Para peso de grano se observa que existe significancia estadística en los contrastes 2, 3 y 5, lo cual indica que hay un comportamiento diferencial entre el Bayomex y el Criollo, además de que la fertilización nitrogenada y fosforada y su oportunidad de aplicación promueve efectos distintos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba de contrastes entre tratamientos adicionales y testigo, para peso de grano y componentes del rendimiento de frijol, Jalalpan, Méx., 1988.

Factor de variación	Grano de prueba	Número de lares de la prueba	Número de granos por lares	Varas verdes por planta	Número de granos por planta	Peso de planta total
Criollo vs Bajo montañal	NS	*	NS	NS	NS	NS
Criollo vs Bayomex	**	NS	**	NS	**	NS
Fertil. vs No fertil.	*	NS	NS	*	NS	NS
Potasio vs No potasio	NS	NS	NS	*	NS	NS
N, P, azufre vs N,P escarada	*	NS	NS	NS	NS	*
C.M. (1)	12.158	12.215	10.436	11.436	22.242	19.887

\*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01, respectivamente.

NS: No significativo.

En la comparación del Criollo y la variedad Bayo Mecentral, sólo el por ciento de humedad de la semilla muestra significancia estadística, indicando una diferencia en el ciclo vegetativo entre cultivos.

La diferencia genética entre la variedad Bayomex y el Criollo de la región, se observa en las variables peso de grano, número de granos por vaina y número de granos por planta, en las cuales exclusivamente este contraste es el que muestra significancia estadística puesto que el efecto de los demás factores no promovieron cambios importantes.

Al contrastar los tratamientos con y sin fertilizantes, se encuentra un efecto significativo en las variables peso de grano y vainas vanas por planta; en tanto que la adición de potasio solamente tuvo efecto en esta última variable.

Finalmente al comparar las oportunidades de fertilización, se aprecia que el efecto se dió para las variables peso de grano y peso de la planta.

#### 4.6 Diferencias porcentuales del rendimiento y componentes de rendimiento en los contrastes con significancia estadística

Con la finalidad de hacer más claro el comportamiento entre los contrastes con significancia estadística, de los

tratamientos adicionales que se mostraron en el Cuadro 6; se retoman los valores medios de rendimiento y componentes de rendimiento para establecer las diferencias porcentuales de los mismos y describir a los que fueron superiores así como los inferiores (Cuadro 7).

Cuadro 7. Diferencias porcentuales de peso de grano y componentes del rendimiento en los contrastes con significancia estadística. Jalalpan, Méx. 1988.

Número de tratamiento	N	P	F	Densidad de población (triles/ploteo)	Quantidad de fertilizante	Varietal	Peso de grano (g)	Valores vacíos por planta (g)	Número de granos por vaina (g)	Número de granos por planta (g)
14	40	40	00	160	siembra	Bayomex	100.0	100.0	75.6	100.0
28	40	40	00	160	siembra	Fajó nacional	-	-	-	-
29	40	40	00	160	siembra	Criollo	67.6	-	100.0	97.1
30	40	40	00	160	-	Bayomex	78.9	57.2	-	-
31	40	40	00	160	siembra	Bayomex	-	41.6	-	-
32	40	40	00	160	escarda	Bayomex	78.9	-	-	-

El máximo peso de grano fue observado con el tratamiento testigo (14) que superó en un 32.4 por ciento al tratamiento 29; diferencia que muestra una ventaja por el uso de la variedad Bayomex en comparación con el Criollo regional. También se muestra que no aplicar fertilizante o hacerlo en la escarda (tratamientos 30 y 32 respectivamente) representa un abatimiento de 21.1 por ciento en relación al testigo, es decir, que hay efecto positivo por fertilizar y por hacerlo en la siembra.

En relación a los componentes del rendimiento, el mayor número de vainas por planta se dio en el tratamiento testigo, en tanto que el uso de fertilización con potasio (tratamiento 31) representó una disminución del 58.4% en esta variable.

Para número de granos por planta sólo existe diferencia cuando se comparan dos genotipos diferentes, de tal forma que el uso de una variedad mejorada, incrementó un 2.9 por ciento, este componente en relación al tratamiento en que se usó el Criollo.

Finalmente el número de granos por vaina fue mejor en el Criollo, pues superó en un 24.4 por ciento a la variedad Bayomex; como se puede ver en los tratamientos 29 y 14 respectivamente.

De esta información podemos resumir, que el uso de la variedad mejorada Bayomex, promueve mejor respuesta del crecimiento y de algunos de sus componentes en relación con el Criollo; asimismo se muestra un efecto significativo de la fertilización, nitrógeno, fósforo y potasio, y un efecto negativo por no fertilizar o por aplicar el fertilizante hasta la escarda y no en la siembra.



4.7 Correlación del peso de grano y componentes del rendimiento bajo el efecto de nitrógeno, fósforo y densidad de población, en el frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988

4.7.1 Densidad de población

En el Cuadro 8 se muestran las correlaciones entre variables consideradas en el estudio, para los tratamientos de densidad de población.

El número de plantas cosechadas se correlaciona significativamente en forma negativa con las variables número de granos por planta, peso de granos por planta y peso de planta total; respecto al número de granos por planta se presenta una correlación altamente significativa en forma positiva con el peso de grano por planta y peso de planta total; los componentes peso de grano por planta y peso de planta total presentan una correlación altamente significativa y en forma positiva; finalmente el resto de las correlaciones entre las variables de estudio no presentan respuestas significativas, por lo cual se omiten en el Cuadro 8.

4.7.2 Nitrógeno

Las correlaciones que se presentaron en los diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada para las variables

**Cuadro 8.** Coeficientes de correlación del peso de grano y componentes del rendimiento bajo el efecto de la densidad de población en el frijol Bayomex. Jalpan, Méx. 1988.

	NPC	NGPP	PGPP
NGPP	-0.999 0.020*	1.0	NS
NGPP	-0.099 0.015*	0.00007 0.0048 **	1.0
PPT	-0.999 0.010*	0.99989 0.0096	0.99997 0.0048 **

\*, \*\* Significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente.

NS No significativo.

evaluadas (Cuadro 9), son la del peso de grano con vainas vanas por planta; el número de granos por planta con el peso de planta, y con el peso de grano por planta, y la de ésta última con el peso de planta total; todos ellos positivos.

#### 4.7.3 Fósforo

En el Cuadro 10 se observan los resultados de las correlaciones que se presentaron en los tratamientos con fósforo; los que resultaron significativos, todos ellos en forma positiva, son el número de plantas cosechadas con el número de granos por vaina, y ésta a su vez con el peso de granos por planta y con el peso de planta total; el número de granos por planta con el peso de paja por planta; el peso de grano por planta con el peso de planta total.

**Cuadro 9.** Coeficientes de correlación del peso de grano y componentes del rendimiento bajo el efecto de la fertilización nitrogenada en el frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.

	PG	NGPP	PGPP
VVPP	0.00055		
	0.0192 **	NS	NS
PGPP		0.99909	
	NS	0.0271 *	1.0
PPT		0.00827	0.99987
	NS	0.0375 *	0.0104 **

\*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01, respectivamente.

NS No significativo.

**Cuadro 10.** Coeficientes de correlación del peso de grano y componentes del rendimiento bajo el efecto de fertilización fosforada en el frijol Bayomex. Jolalpan, Méx. 1988.

	NPC	NGPV	NGPP	PGPP
NGPV	0.99851			
	0.0347 *	1.0	NS	NS
PGPP		0.99635		
	NS	0.0544 *	NS	NS
PPT		0.99722		0.99994
	NS	0.0475 *	NS	0.0070**
PPPP			-0.99968	
	NS	NS	0.0160 **	NS

\*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01, respectivamente.

NS No significativo.

## V. DISCUSION

### 5.1 Generalidades

En la evaluación, bajo condiciones de secano, del efecto de niveles de fertilización nitrogenada y fosfórica así como densidad de población, en el rendimiento y componentes del rendimiento de la variedad de frijol Bayomex, bajo las condiciones de Jolalpan, municipio de Tepetlaoxtoc, Méx., en 1988; puede apreciarse que los factores de la producción que mostraron influencia significativa en las variables estudiadas fueron, la fertilización nitrogenada y la densidad de población, efectos que se manifestaron en los componentes peso de grano (PG), número de plantas cosechadas (NPC), número de vainas por planta (NVPP), vainas vanas por planta (VVPP), peso de cien granos (PCG) y peso de grano por planta (PGPP); por su parte la aplicación de fósforo no promovió respuestas significativas, mostrando únicamente la tendencia de aumentar algunas variables como peso de grano (PG), peso de cien granos (PCG) y peso de paja por planta (PPPP), sin llegar estas a manifestarse significativamente en los resultados.

## 5.2 Efecto de la fertilización en el rendimiento y componentes del rendimiento

### 5.2.1 Fertilización nitrogenada

En la evaluación de los efectos causados por la aplicación del nitrógeno, observamos en la Figura 1, que al incrementar los niveles de este nutriente, la respuesta sigue un comportamiento lineal en el peso de grano (PG), pero hasta cierto límite ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$ ); esto como respuesta a un mayor número de granos por vaina (NGPV) y peso de grano por planta (NGPP), parámetros que responden en forma cuadrática a la aplicación del nitrógeno (Figura 2).

Analizando la tendencia a una mayor influencia favorable que ejerce la dosis de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  en relación a la de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrógeno, es probable que la demanda por este nutriente fue satisfecha con la adición de la primera cantidad, sin alterar el efecto activador de la simbiosis (Graham, 1981a), mientras que las aplicaciones mayores ( $60 \text{ kg ha}^{-1}$ ) pudieron reducir y aún inhibir la fijación simbiótica de este elemento.

Así al incrementar la fertilización de este nutriente, se presenta una relación inversa entre la nodulación y el rendimiento de grano de frijol, fenómeno que puede ser atribuido a un desequilibrio fisiológico entre los simbioses, o bien a

un fenómeno antagónico entre las mayores concentraciones de nitrógeno aplicado al suelo y el nitrógeno fijado en forma simbiótica (Pessania; citado por Conay, 1981).

Por otra parte, no obstante que se observó un incremento significativo de algunas variables que merman el rendimiento, como el número de vainas vanas por planta (VVPP), por efecto del nitrógeno; esto no influyó en el rendimiento, quizá por una compensación natural de las plantas (Figura 1); asimismo se piensa que los valores de esta componente son atribuibles a la presencia de efectos ambientales, en particular a una helada que se presentó en el cultivo cuando aún no terminaba su ciclo vegetativo.

### 5.2.2 Fertilización fosfórica

Como ya se mencionó, la aplicación de fósforo no promovió respuestas significativas en el rendimiento; esto debido probablemente a que el suelo del sitio experimental, según análisis del mismo, era ligeramente ácido (pH de 6.2); el cual pudo ser más ácido por el suministro de nitrógeno en forma de urea.

En estas condiciones las aplicaciones de fósforo pudieron ser afectadas negativamente, ya que en suelos ácidos los fosfatos reaccionan con el hierro y el aluminio que se encuen

tran en ellos, de tal forma que el fósforo de alta solubilidad aplicado al suelo es rápidamente transformado a compuestos menos solubles, los cuales con el tiempo disminuyen su disponibilidad para las plantas (Ozanne, 1980); sin embargo, el sinergismo que existe entre la planta y microorganismos del suelo, de alguna manera participan en el suministro de fósforo hacia la planta, de tal forma que se reduce el posible efecto negativo por la deficiencia del nutriente.

Por otra parte, también se tiene que la fertilización fosfórica llega a producir un aumento significativo en el rendimiento de materia seca y acumulación de nutrientes en la etapa vegetativa, pero no en la reproductiva (García, 1982), y esto puede explicar que los tratamientos con fósforo no difieran estadísticamente entre sí en el rendimiento y sus componentes.

### 5.3 Efecto de la densidad de población en el rendimiento y componentes del rendimiento

La densidad de población afecta linealmente al rendimiento, así como a los componentes número de vainas por planta (NVPP), número de granos por vaina (NGPV), número de granos por planta (NGPP), peso de planta total (PPT) y número de plantas cosechadas (NPC).

El incremento lineal significativo del peso de grano (PC) como respuesta a una mayor densidad de población, es básicamente por un mayor número de plantas cosechadas (NPC) por unidad de área (Figura 4) así como a un mayor peso de cien granos (PCG), debido a que el resto de los componentes mencionados tendieron a abatirse conforme fue mayor la densidad de población (Figuras 5, 6 y 7).

A mayores densidades obviamente se tienen más plantas cosechadas, mismas que bajo estas condiciones sufren competencia por nutrientes, luz y espacio para el crecimiento; tanto las estructuras vegetativas como las reproductivas se ven afectadas con relación a los fotosintatos que llegan a ellas. Por otra parte, en forma particular la relación semilla-materia seca total cambia drásticamente, con lo cual el rendimiento y sus componentes se abaten; tal como se puede observar en el Cuadro 8, donde el número de plantas cosechadas (NPC) correlaciona negativamente con el número de granos por planta (NGPP), con el peso de grano por planta (PGPP) y con el peso de planta total (PPT).

De esta forma la producción por planta disminuye (Figura 6), pero el rendimiento total se incrementa (Figura 4); comportamiento que de manera similar previamente fue reportado por Lugo *et al.* (1977), quienes afirman que cuando el frijol es sembrado a espacios pequeños entre plantas, el número de



vainas por planta (NVPP) y el peso de vainas (PV) disminuyen, mientras que el rendimiento se incrementa.

#### 5.4 Rendimiento y componentes del rendimiento en tratamientos adicionales

La prueba de contrastes indica que existen diferencias significativas entre algunos de los tratamientos evaluados (Cuadro 6).

Al analizar algunos de ellos observamos que vuelve a quedar establecida la importancia de fertilizar, debido a que esta labor promovió un 21.1 por ciento de incremento en el rendimiento de grano; asimismo la oportunidad de aplicación también fue determinante, ya que cuando el suministro de nutrientes se hizo en la escarda (tratamiento 32) y no en la siembra (tratamiento 14), el peso de grano se abatió un 21.1 por ciento; esto quizá porque la mayor absorción de nutrientes y las necesidades primarias de la planta ocurre durante los primeros 50 días después de la germinación (Haag *et al.*, 1967).

La prueba de contrastes (Cuadro 6) y la observación de las diferencias porcentuales (Cuadro 7) también indican que el uso de la variedad mejorada Bayomex tuvo un comportamiento favorable del rendimiento y número de granos por planta (NGGPP) en comparación con el Criollo que se ha venido utilizando en

la región; no obstante que este último mostró menor número de vainas vanas por planta (VVPP) y mayor número de granos por vaina (NGPV), que son componentes que influyen positivamente sobre el rendimiento.

De esta manera queda establecido que el uso de genotipos mejorados es una alternativa que se puede brindar al agricultor para que pueda incrementar su rendimiento, el cual será aún mayor cuando dichas variedades sean cultivadas bajo condiciones favorables de fertilización, densidad de población, así como de otras labores culturales.

## VI. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos y bajo las condiciones en las que se desarrolló el presente estudio, se llegó a las siguientes conclusiones.

1. La densidad de población y la fertilización nitrogenada son los factores de la producción que mayor influencia mostraron en el rendimiento y componentes del rendimiento de la variedad de frijol Bayomex.
2. Existe una respuesta lineal del rendimiento de grano al aumento de los niveles de fertilización nitrogenada hasta los 40 kg ha<sup>-1</sup>.
3. No existe un efecto estadísticamente significativo de los niveles de fósforo en el rendimiento ni en los componentes de rendimiento de la variedad de frijol Bayomex.
4. El rendimiento de grano se incrementó linealmente a medida que fue mayor la densidad de población, como respuesta a un mayor número de plantas cosechadas, mientras que las componentes número de granos por planta, peso de grano por

planta y número de vainas por planta se abatieron linealmente.

5. El uso de variedad mejorada, así como la fertilización, incrementaron respectivamente un 32.4 y 21.1 por ciento el rendimiento de grano, mismo que se abatió un 21.1 por ciento cuando el suministro de nutrientes fue en la escarda y no en la siembra.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Abdulgalil, A.A. y Zeida E.M. 1978. Growth in wheat as influenced by P level, N concentrated N splitting. Egyptian Agron. J. 3: 131-148.
- Adams, M.W. 1967. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bean. Crop. Sci. 7: 505-510.
- Aguilar E.,E. y Díaz M.F. 1977. Efecto de la densidad de población sobre algunas características morfológicas y el rendimiento bajo condiciones de campo en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). CIAT. Cali, Colombia.
- Aguilar F.,E., Díaz M.F. y Lang D.R. 1984. Efecto de la densidad de siembra sobre algunas características morfológicas y el rendimiento en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Turrialba. 34(1): 55-61.
- Alcalde B.,S. 1981. Apuntes mimeografiados de nutrición vegetal 1. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Andrew, C.S. 1978. Legumes and acid soils. Limitations and potential for biological nitrogen fixation in the tropics. Basic Life Science. 10: 135-160.
- Asif, M.N. y Greig, J.K. 1972. Effects of seasonal interactions of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer on yield and nutrient content of snap beans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 44-47.
- Bastidas R.,G. y Camacho L.H. 1969. Competencia entre plantas y su efecto en el rendimiento y otras características del frijol "carota" (*Phaseolus vulgaris* L.). Acta Agronómica 19(2): 69-88.

- Cajuste L.,J. 1977. Prácticas del curso de química de suelos I. Mimeografiados. Centro de Edafología. C.P. Chapingo, Méx.
- Campos L.,B. 1986. Tolerancia a la acidez y efectos de encalado, fósforo y molibdeno en la fijación simbiótica de nitrógeno en frijol. Agrí. Tec. Méx. 12: 6-8.
- Carvalho L.,B. 1982. Dinámica de floración y llenado de vainas en cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), sembradas en diferentes densidades de población. Tesis de Doctorado. Centro de Genética, C.P. Chapingo, México.
- Costa J.,G.C. 1981. Efecto de la densidad de población en la morfología, asignación de la materia seca y de la energía y eficiencia en la producción de semilla, en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Doctorado. C.P. Chapingo, México.
- Chamba H.,L.E. 1985. Fertilización con tres fuentes de NPK en el cultivo de frijol. Tesis de Maestría. Chapingo, México.
- Chávez S.,A., Núñez E.,R. y Echegaray A.,A. 1977. Efecto de la fertilización con N, P, Mo y Fe y del manejo de dos cepas de inoculante (*Rhizobium phaseoli*), sobre la nodulación, acumulación de N y rendimiento de frijol (*Phaseoli vulgaris* L.). Agrociencia No. 27. Ramá de Suelos, C.P. Chapingo, México.
- Chonay P.,J.J. 1981. Efecto de la fertilización foliar sobre la compensación de la fijación biológica de nitrógeno por *Rhizobium phaseoli* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Maestría en Ciencias, C.P. Chapingo, Méx.
- Dean, L.A. y Fried, M. 1953. Soil on fertilizer phosphorus in crop nutrition. Academic press. N.Y.

- Del Campo M., J.N. 1982. Optima producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en el área del Valle de México. Tesis de M.C. Centro de Genética, C.P. Chapingo, México.
- De Mooy, C.J. y Pesek, J. 1966. Nodulation responses of soybeans to added phosphorus, potassium, and calcium salts. Agron. J. 57:
- Díaz M., F. 1974. Estudio preliminar sobre algunos componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de M.C. C.P. Chapingo, México.
- Díaz de León T., J.C. 1986. El fósforo en el crecimiento y nutrición mineral del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de M.C. C.P. Chapingo, México.
- Díaz M., E. y Aguilar E. 1984. Efecto de la densidad de siembra en la distribución de materia seca en la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Turrialba, Vol. 34 No. 1: 63-76.
- Duarte A., R. y Adams M.W. 1972. A path coefficient analysis of some field beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Crop. Sci. 12: 579-581.
- Escalante E., L.E. 1983. Efecto de la densidad de población sobre el rendimiento en grano y sus componentes en dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis profesional. Instituto Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Iguala, Gro. Méx.
- Fanjul P., L. 1978. Análisis del crecimiento de una variedad de *Phaseolus vulgaris* L., de hábito de crecimiento indeterminado y ensayo para el estudio de las relaciones entre la fuente y la demanda de los fotosintatos. Tesis de M.C. C.P. Chapingo, México.
- Fontes L., A. 1972. Nota sobre efectos da applicacao de adubo nitrogenado e fosfatado, calcario e inoculante na cultura do feijao (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Ceres 19(103): 211-21.

- Fuentes G.,G. 1990. Evaluación del rendimiento y eficiencia de diferentes niveles de fertilización nitrogenada en maíz forrajero (*Zea mays* L.). Tesis de licenciatura. Cuautitlán, Izcalli.
- García, E. 1978. Los climas del Valle de México. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- García M.,R. 1987. Respuesta al fertilizante fosfatado y dinámica de la floración y absorción de NPK, Ca y Mg<sup>-</sup> en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), de temporal. Tesis de M.C. Centro de Edafología. C.P. Montecillo.
- Garate R.,E.B. 1986. Efecto de un déficit de fósforo en el rendimiento componentes del rendimiento y composición química del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Gates C.,T. 1974. Nodule and plant development in *Stylosanthes humilis*: symbiotic response to phosphorus and sulphur Aust. J. Bot. 22: 45-55.
- Granados A.,R. 1983. Influencia del peso y contenido de N de los órganos de la planta en el rendimiento y contenido de proteínas del grano de frijol. Tesis de licenciatura. Chapingo, México.
- Guerrero G.,A. 1981. Trigo en cultivos herbáceos extensivos. Ed. Mundi-Prensa, España. p. 39-46.
- Haag, H.P., Malavolta, E., Gargantini, H. y Blanco H.G. 1967. Absorcao de nutrientes pela cultura feijoeiro. Bragantia. Campinas. 26(30): 381-391.
- Herrera A.,E. 1982. Respuesta del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. Tesis Ing. Agr. Loja, Ecuador, Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Agropecuarias.



- Howeler, R.H. 1980. Desórdenes nutricionales. In: Schwartz, H.F. y Galvez, G.E. (Eds.). Problemas de producción del frijol; enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris*, CIAT Cali, Colombia.
- Kohashi S.,J. 1979. Fisiología. Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. Ed. Engleman, E.M. Centro de Botánica. C.P. Chapingo, Méx.
- Kohashi S.,J. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol *Phaseolus vulgaris* L. y su relación con el rendimiento. Ed. Engleman, E.M. Centro de Botánica. C.P. Chapingo, México.
- Laurencio S., Muraoka T. y Neptune A.M.L. 1978. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y modos de aplicación de fertilizantes fosfatado y nitrogenado en la eficiencia de utilización del fósforo para frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Turriabla 28(3): 165-257.
- Lugo L.,M.A., Badillo F.J. y Scott W. 1977. Performance of red kidney and native with beans at three planting distance on an oxisol in north western Puerto Rico. Nouvelles, Agronomiques des Antilles et de la Guyane 3(314): 558-563.
- Meyer S.,B., Anderson B.,D. y Böhning H.R. 1976. Introducción a la fisiología vegetal. Ed. Universitaria. Buenos Aires.
- Molina G.,O. 1975. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre algunos componentes fisiológicos del rendimiento y el contenido de nitrógeno en la planta. Tesis de M.C. C.P. Chapingo, México.
- Newton S.,A. y Robertson, A.G. 1982. The effect inoculation and fertilizer nitrogen on the grain yield and nitrogen concentration of dwarf bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agron. Dep. Massey Univ. Palmerston North; New Zeland. Proceeding. Twelfth Annual Conference Agronomy Society of New Zeland 12: 9-14.

- Norman A.,G. 1959. Advances in agronomy. Vol. XI. Academic Press. New York.
- Oliker, M. y Poljakoff-Mayber, A.M. 1980. Change in weight nitrogen accumulation, respiration and photosynthesis during growth and development of seeds and pods of *Phaseolus vulgaris* L. Hebrew Univ. of Jerusalem, Jerusalem, Israel. American Journal of Botany. 65. 3: 466-371.
- Oviedo L.,J. 1971. Ensayo de variedades y líneas avanzadas de frijol con o sin fertilizante, bajo temporal en las localidades de Ignacio Allende, Guadalupe Victoria, Francisco I. Madero y Villa Unión del Estado de Durango. III. Reunión Informativa de Investigación Agrícola. Zona Temporalera. Durango. p. 21.
- Ozanne P.,G. 1980. Phosphate nutrition of plants. A General treatise. In: Khasawneh, F.E.; Sample, E.C. and Kamprath, E.J. (Eds.). The role of phosphorus in Agriculture. ASA-CSSA-SSSA. Madison Wisconsin USA. pp. 559-603.
- Paladines C.,E. y Pérez A.,J.A. 1977. Colección y estudio de las características agronómicas de las variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas en la provincia de Loja. Tesis Ing. Agr. Loja, Ecuador, Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Ramírez M.,G.F. 1969. Síntomas de deficiencias de minerales en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en sus relaciones nutritivas específicas. Tesis Ing. Agrónomo. San José Universidad de Costa Rica.
- Rodríguez S.,F. 1982. Fertilizantes, nutrición vegetal. AGTA. Editor, S.A. México.
- Rojas G., Bravo A. y Parodí P. 1975. Efecto de la distancia de siembra sobre los componentes morfológicos del rendimiento en cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Ciencia e Investigación Agraria. 2(3, 4): 163-168.

- Ruiz H., R., Estada C.A. y Carballo C., A. 1988. Efecto de la densidad de población y fertilización en producción y calidad en semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En resúmenes del XII Congreso de Fitogenética. Chapingo, México. p. 229.
- Russell E., W. 1961. Soil condition and plant growth. Longmans, Green, Co.
- Sameni A., M., Martoon M., Bassiri A. y Sepaskhab A., R. 1980. Growth and chemical composition of dry beans as affected by soil salinity N fertilization. Coll. of Agr. Shiraz Univ. Shiraz. Iran. plant and soil: 217-222.
- SARM. 1981a. Guía para cultivar frijol en el Estado de México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central. Campo Agrícola Experimental Valle de México. Chapingo, Méx.
- Schlehuber, A.M. and Tucker R.B. 1967. Culture of wheat. In: Wheat and wheat improvement. Editors Quisenberry, K. S. and L.P. Rertz. American Society of Agronomy, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin. U.S.A.
- Suryanarayana, V. y Kumar J.P. 1981. *Rhizobium* inoculation in combination with nitrogen and phosphorus on french bean. Vegetable Science 8(2): 130-134. Agricultural Research Station, Amdajipeta, East Godavari Dt. Andhra Pradesh, India.
- Taylor, J.O., Day, J.M. y Dudley, C.L. 1983. The effect of *Rhizobium* inoculation and fertilizer on nitrogen fixation and seed yield of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Annals of applied Biology. 103-419.
- Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. UTEHA, S.A. de C.V. México D.F. p. 78-114 y 310-372.

Weier, E.T., Stucking R.G. y Barbour C.M. 1980. Botánica. Ed. Limusa. p. 209-210.

Westermann, D.T. y Kolar, J.J. 1978. Symbiotic N ( $C_2H_2$ ) fixation by bean. Crop Sci. 18: 986-990.

Wettmen, S.H. y Teubner, F.C. 1959. Foliar absorption of mineral nutrients. Ann. Rev. Plant Physiol. 10: 13-32.

Yagodin, B.A., Mirnovy, P.S. y Peterburgski, A. 1986. Agro - química 1. Ed. Mir. Moscú. p. 337-339.