

39  
28.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

U. N. A. M.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "CUAUTITLÁN"

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES



EVALUACION DE LA FIJACION SIMBIOTICA DE NITROGENO EN 120 GENOTIPOS DE FRIJOL Phaseolus vulgaris L. Y SU FACTIBILIDAD ECONOMICA MEDIANTE LA INOCULACION CON Rhizobium phaseoli.

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRICOLA Especialista en Agroecosistemas PRESENTADA POR JESUS VELAZQUEZ ORDUÑA

A s e s o r :

Edvino Josafat Vega Rojas

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México

1988

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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.

## C O N T E N I D O

	Pág.
Lista de cuadros en el texto _____	i
Lista de cuadros en el apéndice _____	iii
Lista de figuras _____	iv
I.- Introducción _____	1
II.- Revisión de literatura _____	4
II.1.- Características del <u>Rhizobium</u> _____	4
II.2.- Proceso de infección _____	4
II.3.- Mecanismos de la fijación de nitrógeno atmosférico _____	5
II.4.- Factores que afectan la fijación simbiótica de nitrógeno _____	8
II.4.1.- Especificidad en la simbiosis _____	8
II.4.2.- pH del suelo _____	9
II.4.3.- Temperatura del suelo _____	9
II.4.5.- Nitrógeno combinado _____	10
III.- Objetivos _____	11
IV.- Hipótesis _____	13
V.- Materiales y métodos _____	14
V.1.- Parámetros determinados _____	16
V.2.- Método de reducción de acetileno _____	16

	Pág.
VI.- Análisis de los parámetros _____	18
VII.- Resultados y discusión _____	22
VIII.- Análisis económico _____	38
IX.- Conclusiones _____	46
X.- Bibliografía _____	47
Apéndice _____	50

Lista de cuadros en el texto.

Pág.

Cuadro 1. Análisis de varianza de la variable rendimiento de grano -----	19
Cuadro 2. Análisis de varianza de la variable peso seco de la parte aérea de la planta ----	19
Cuadro 3. Análisis de varianza de la variable reducción de acetileno (producción de $C_2H_4$ ) ---	20
Cuadro 4. Análisis de varianza de la regresión entre la variable reducción de acetileno y el rendimiento de grano -----	20
Cuadro 5. Análisis de varianza de la regresión entre la variable rendimiento de grano y el peso seco de la parte aérea de la planta -----	21
Cuadro 6. Análisis de varianza de la regresión entre la variable reducción de acetileno y el peso seco de la parte aérea de la planta_	21
Cuadro 7. Prueba de separación de medias (LSH) para los niveles de fertilización para la variable rendimiento de grano -----	25

Cuadro 8. Diez mejores genotipos para el rendimiento de grano	Fág. ----- 26
Cuadro 9. Diez mejores genotipos para el rendimiento de grano (interacción ge- notipos por niveles de fertilización)	----- 27
Cuadro 10. Diez mejores genotipos que re- dujeron mayor cantidad de acetileno (producción de etileno)	----- 28
Cuadro 11. Prueba de separación de medias (LSH) para los niveles de fertili- zación para la variable	----- 29
Cuadro 12. Diez mejores genotipos de la varia- ble peso seco de la parte aérea de la planta	----- 30
Cuadro 13. Diez mejores genotipos de la va- riable peso seco de la parte aérea de la planta. Interacción genotipos por niveles de fertilización	----- 31
Cuadro 14. Valores y costos utilizados en el análisis económico de los resultados experimentales	----- 42

Cuadro 2A. Cálculo de los beneficios netos de los niveles de fertilización -----	Pág. 43
Cuadro 3A. Análisis de dominancia de los niveles de fertilización -----	44
Cuadro 4A. Análisis marginal de los tra- tamientos -----	45
Lista de cuadros en el apéndice.	
Tabla 1. Rendimiento promedio de grano de los genotipos -----	51
Tabla 2. Interacción genotipos por niveles de fertilización de la variedad ren- dimiento de grano -----	52
Tabla 3. Reducción de acetileno -----	54
Tabla 4. Producción del peso seco de la parte aérea de la planta de los ge- notipos -----	55

Lista de figuras.

Figura 1. Sitio hipotético de reacción de la nitrogenasa -----	Pág. 7
Figura 2. Efecto de los niveles de ferti- lización sobre el rendimiento de grano -----	32
Figura 3. Efecto de los niveles de fertili- zación sobre el peso seco de la parte aérea de la planta -----	33
Figura 4. Rendimiento promedio de grano de los genotipos -----	34
Figura 5. Producción de etileno $C_2H_4$ de los genotipos -----	36

## I.- INTRODUCCION:

Después del maíz, el frijol es el cultivo más importante en México por la superficie que se siembra, por la actividad económica que genera, y por el volumen de grano consumido por persona. El frijol ha sido hasta ahora, debido a su menor costo, la principal fuente de proteína para el sector rural y urbano de bajos ingresos. (Lepiz, 1980).

Para satisfacer la demanda interna en 1984 la superficie sembrada fué de 2 060 038 hectáreas, de las cuales se cosecharon 1 725 057 has. con un rendimiento promedio de 0.564 toneladas por ha. (SARH, 1984).

Normalmente la producción mundial de fertilizantes no alcanza a cubrir la demanda para el área cultivada, - por lo que es necesario buscar soluciones al problema. La utilización de especies microbianas en las leguminosas, - contribuye en gran parte a resolverlo, ya que tiene la particularidad de fijar el nitrógeno atmosférico. Las leguminosas facilitan los productos de la fotosíntesis a las bacterias que nodulan sus raíces, las cuales los utilizan para la fijación de nitrógeno atmosférico. Existe diferencia en comparación con el proceso Haber-Bosch, el cual necesita una energía considerable para preparar el nitrógeno a partir de gas natural y requiere un gasto de energía para comprimir los reactivos y calentarlos. Además, precisa de una instalación industrial bastante compleja, agregándole el transporte desde la fábrica a donde se necesite. (Postgate, 1981).

Las leguminosas, debido a que son fijadoras de nitrógeno, tienen las hojas más ricas en proteínas que otros vegetales, cuando se entierran en el suelo. Date (1970), sugiere una fijación promedio de entre 100 y 200 Kg/ha/año; y entre 100 y 500 mil millones de toneladas por año en el área cultivada. (Donald, 1960; Vicent, 1972; Date, 1973; citados por Graham et al, 1973.).

Debido a la diversidad genética del frijol común existente en México, hay diferencia en la capacidad de fijar el nitrógeno con la capacidad específica del Rhizobium y la variedad cultivada, por lo que es importante hacer una caracterización y selección de los mejores genotipos de frijol en base a su capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico en asociación con Rhizobium phaseoli. (Gardesi, 1986).

En este trabajo por medio de la cromatografía de gases se seleccionan algunos genotipos de Phaseolus vulgaris L. de la República Mexicana que pueden tener una gran capacidad para fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con Rhizobium phaseoli.

Las cepas usadas en este trabajo fueron seleccionadas por su eficiencia en la fijación de nitrógeno en la Sección de Microbiología del Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

Por otro lado el estudio de estos genotipos, incluye la evaluación económica de la inoculación del Rhizobium contra la fertilización nitrogenada del cultivo en el rendimiento de grano.

Este trabajo sirve para adquirir algunas nociones - de la importancia fundamental de la acción microbiana en el suelo sobre la fijación de nitrógeno y de esta manera contribuir al avance y revitalización de las investigaciones en el campo de la fijación de nitrógeno para asegurar una cosecha de rendimiento máximo y a bajo costo.

En México, en algunas instituciones de educación, - existen grupos de investigadores que trabajan utilizando la cromatografía de gases, enfatizando en la asociación Rhizobium phaseoli- Phaseolus vulgaris L. ya que esta leguminosa ocupa uno de los primeros lugares de importancia no sólo en nuestro país, si no en toda América Latina.

## II.- REVISION DE LITERATURA.

### II.1.- CARACTERISTICAS DEL RHIZOBIUM

El nitrógeno atmosférico es la fuente última del -- nitrógeno presente en las proteínas, en los ácidos nu-- cleicos y otros compuestos de nitrógeno vitales de todas las células vivas; sin embargo, ni los animales ni las - plantas superiores son capaces de utilizarlo, pero depen-- den a su vez de las actividades de unos cuantos tipos de bacterias y de algas verde-azules que son capaces de con-- vertirlo en amonio (Edwards y Hassall, 1976).

Los miembros del género Rhizobium, al infectar a la leguminosa apropiada, pueden causar la formación de nódulos y así fijar nitrógeno atmosférico. Las bacterias de Rhizobium son gram-negativas, no forman esporas; son bacilos aerobios de 0.5 a 0.9  $\mu$ m de ancho y 1.2 hasta 3  $\mu$ m de largo. Las bacterias de este género crecen fácilmente en medios de cultivos que contienen fuentes de carbono tales como: manitol o glucosa, y amonio o nitrato. - Además sales orgánicas y varias vitaminas B. (Alexander, 1980).

### II.2.- PROCESO DE INFECCION.

Todas las plantas excretan dentro del suelo y cerca de las raíces, una cierta cantidad de exudados, ácidos orgánicos y aminoácidos, las cuales promueven el inicio de la infección. (Graham, 1982).

En un buen número de especies de leguminosas de regiones templadas, la infección de los Rhizobium específicos, presentes en el suelo, entran en las raíces por el

extremo de los pelos absorbentes, que se retuersen en forma de báculo. Entonces se forma en el pelo absorbente uno o a veces varios tubos de infección, estructura tubular en el interior de la cual las células de Rhizobium se disponen en fila. En 48 horas el tubo de infección alcanza la base del pelo absorbente, después penetra en las células de la corteza de la raíz o cortex. (Dommergues et al, 1983).

Los Rhizobium dentro de las células de la raíz, son diferentes en sus características morfológicas y fisiológicas, también son distintas de las que presentan antes de su penetración en la raíz debido a que sufren cambios bioquímicos en sus membranas celulares, ya que la célula huésped, engloba a las bacterias con una membrana proveniente de su membrana plasmática (Bral, 1980).

El Rhizobium al entrar a los pelos radiculares provoca una irritación de la superficie de la raíz, que -- trae como consecuencia la formación de los nódulos. Sólo los nódulos que presentan coloración roja (por la presencia de la leghemoglobina), pueden fijar el nitrógeno atmosférico, los nódulos que no presentan dicha coloración son incapaces de fijar nitrógeno. (Virtanen, 1939).

### II.3.- MECANISMOS DE LA FIJACION DE NITROGENO ATMOSFERICO.

Las transformaciones y mecanismos de fijación de nitrógeno atmosférico aun no estan totalmente entendidas. El amoniaco parece ser el producto final. (Burrows, 1974).

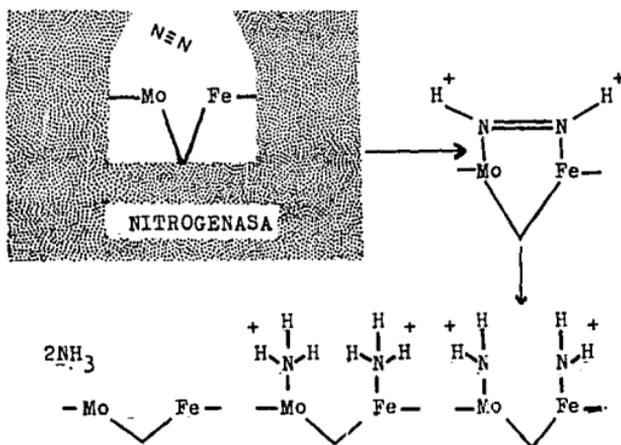


Cuando las bacterias simbióticas están instaladas en las células de los nódulos, transforman el nitrógeno combinado ( $\text{NH}_4$ ). Esta transformación que químicamente es una reducción, es catalizada por una enzima específica llamada nitrogenasa. (Kenedy, 1966). La nitrogenasa es una enzima de tipo binario, que consta de dos proteínas. Reduce el nitrógeno a amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y éste junto con la enzima purificada, es el único producto perceptible. La nitrogenasa es rica en hierro, y probablemente este es el elemento responsable del color pardo -- de las proteínas. La proteína llamada molibdenoferrodoxina está formada por cuatro componentes idénticos. Su función es reducir el nitrógeno en amoníaco. La proteína llamada molibdenoproteína, sólo contiene dos componentes, su función es transferir a la proteína (molibdeno--ferrodoxina) la energía necesaria para su funcionamiento. (Postgate, 1981).

La conversión de  $\text{N}_2$  a  $\text{NH}_3$  requiere de la adición -- de 6e y 6 iones Hidrógeno por molécula de  $\text{N}_2$  reducido. Esto se lleva a cabo en la transferencia del poder de -- reducción en la misma enzima nitrogenasa que cataliza -- la reacción. La conversión propiamente dicha, del  $\text{N}_2$  al  $\text{NH}_3$  tiene lugar en la superficie de la nitrogenasa fig. (1), la cual tiene molibdeno y hierro en su sitio activo. Parece que el nitrógeno se liga a ambos metales en el sitio activo y luego reduce a  $\text{NH}_3$ . (Bidwell, 1983).

La nitrogenasa no solo reduce el nitrógeno molecular sino también el acetileno. El acetileno puede ser reducido tanto por los nódulos radiculares como microorganismos libres tanto aerobios como anaerobios capaces de fijar el nitrógeno. (Hans, 1979).

Fig. (1). Sitio hipotético de reacción de la nitrogenasa.



## II.4.- FACTORES QUE AFECTAN LA FIJACION SIMBIOTICA DE NITROGENO.

### II.4.1.- ESPECIFICIDAD EN LA SIMBIOSIS.

En la asociación simbiótica entre leguminosas y bacterias del género Rhizobium existe un marcado grado de especificidad entre la planta y la especie bacteriana. (Peter y Alexander, 1966). Esta especificidad existe dentro de la misma especie de las leguminosas aunque en menor grado.

Gardezi (1986). En un estudio sobre selección de 48 genotipos de Phaseolus vulgaris L. con dos cepas, la CF-MEX 1 y la cepa 57 encontró genotipos que sobresalieron en la fijación de nitrógeno.

Fuentes (1961). Inoculando tres variedades de frijol (Cacahuate 72, Michoacán 12-A-3, Flor de Mayo X-164 41) con las cepas (10, 33, 35, 43, 49 y CF-23) recolectadas en distintos estados de la República Mexicana, encontró respuestas diferentes de las cepas con el huésped en algunos componentes de rendimiento.

Mejía (1953). Estudió cuatro especies de frijol - (Negro 150: Ph.coccineus L. "Ayocote" X16432; Ph.lunatus L. X-16786 "Comba"; Ph. acutifolios gray. X-16804 "Escomite"; inoculada con las cepas de Rhizobium (EL-24) y (CF-5); observó la efectividad, tomando como parámetros los componentes de rendimiento y encontró también diferencias significativas entre las cepas y la especie huésped.

#### II.4.2.- PH DEL SUELO.

La infección y la nodulación de muchas leguminosas disminuye en las raíces, cuando están en un medio extremadamente ácido. (Mazé, 1899).

El pH crítico para las bacterias de los nódulos radiculares de crecimiento lento en el suelo varía entre - 4.3 y 4.9 (Norris, 1959).

En las leguminosas de clima templado en las que la nodulación es posterior a la penetración de las raicillas, uno de los pasos en la formación de nódulos es la sensibilidad a la acidez. Munns (1970) demostró que plantas de alfalfa tratadas durante dos o tres días con un pH de 5.5 a 4.5 nodulan bien. Aparentemente este tratamiento - ayuda a la multiplicación del Rhizobium en la rizósfera - y al subsiguiente paso de infección.

#### II.4.3.- TEMPERATURA DEL SUELO.

El número de nódulos formados en una planta están -- marcadamente afectados por la temperatura de la raíz. La temperatura óptima es entre 20 y 27°C y hasta 30°C en -- plantas tropicales; una baja formación de nódulos puede de -- berse a temperaturas por debajo de los 7°C o arriba de los 36°C. (Gibson, 1971. citado por Vincent, 1972).

La nodulación óptima de Vigna sinensis es a 27°C, -- mientras que Phaseolus vulgaris L. nodula entre 28 y 32°C dependiendo también de la variedad y la cepa. (Dart y Mercer 1965. citados por Graham, 1973).

La fijación de nitrógeno parece ser menos sensible a la temperatura que la nodulación. Así, Dart y Day (1975). Demostraron una fijación considerable a 35°C en la soya. La mayor nodulación fue a 30°C y a un pH de 7.3, mientras que a 40°C no se formaron nódulos.

#### II.4.4.- HUMEDAD.

La infección esta restringida en los suelos secos -- debido a la ausencia de los pelos radiculares normales. Las raíces cortas y la aparición de pelos radiculares deformados, son inadecuados para la infección para el Rhizobium. Humedeciendo el suelo, los pelos radiculares pueden continuar su crecimiento, dando como resultado un esbelto engrosamiento, con lo cual puede ser eventualmente infectado. (Lie, 1981).

El transporte del material nitrogenado desde el nódulo hacia el interior del xilema es afectado especialmente por la disminución de humedad y la evaporación de la superficie del nódulo, el cual sólo se compensará por el buen funcionamiento del nódulo. (Minchin and Pate, 1973. citados por Lie, 1981). Para una buena simbiosis la capacidad de retención de agua por el suelo, es entre un 60 y un 70% ; se ha demostrado que la lenta desecación abate la población de Rhizobium del suelo en una forma acelerada durante los primeros días hasta llegar a un valor constante, el cual es paralelo a la desecación del suelo. (Alexander, 1980).

#### II.4.5.- NITROGENO COMBINADO.

La intolerancia al nitrógeno mineral combinado tiene efecto negativo sobre las leguminosas y puede intervenir

en tres estadios: infección, crecimiento del nódulo y la fijación de nitrógeno. El bloqueo del proceso infectivo ha sido atribuido a varias causas, entre ellas inhibición de la síntesis de lectinas por la planta huésped, (Dommerges et al., 1983). Existen otras causas posibles: disminución de la concentración de la leghemoglobina en el nódulo, senescencia precoz de éste, disminución de suministros de fotosintatos en lugar de dirigirse hacia los nódulos, son desviados hacia la asimilación por la planta del nitrógeno combinado mineral del suelo. (Rigaud, et al., 1977).

Las leguminosas tienden a fijar más nitrógeno atmosférico cuando el suelo es más pobre en nitrógeno mineral disponible; mientras que en el suelo rico en nitrógeno - la fijación es más débil. (Cross, 1976).

Thornton y Rudolf (1936), observaron que los nitratos inhibieron el crecimiento de los nódulos, las paredes y el protoplasma de las células nodulares fueron anormales y el Rhizobium permaneció en estado de coco -- dentro del nódulo y las altas aplicaciones de nitrógeno disminuyeron la nodulación.

Sin embargo, se puede complementar la fertilización nitrogenada a la inoculación con Rhizobium.

En la región de la "Chontalpa" en Tabasco inoculando las variedades criollas ("2 meses", "3 meses" y "Nacajuca") y las variedades mejoradas (Mantequilla y Jamaica), con la cepa nativa CSAT-74 y el inoculante comercial "Nitragin" y empleando dos niveles de fertilización - 40-40-00 y 00-00-00, se observó que hubo diferencia significativa entre los rendimientos de las interacciones variedades por fertilizante y la triple interacción variedades-inoculante-fertilizante. Encontrándose que -

las mejores fueron la cepa nativa CSAT-74 con las variedades jama; a y mantequilla y el tratamiento 40-40-00.

Marini (1986), citado por Trujillo (1987), obtuvo respuesta a la inoculación del frijol de temporal en -- Huatusco, Ver. al presentarse un rendimiento de 1713, -- 1711 y 1750 Kg. por hectárea en los tratamientos 60-60-0, 40-60-0 e inoculado mas 60 Kg de  $F_2 O_5$ /ha respectivamente, cuando el testigo obtuvo 1196 kg/ha.

Jiménez (1976). Realizó un estudio económico sobre la inoculación y fertilización en la variedad de frijol "Delicias 71", con diferentes niveles de nitrógeno (0, 18,36 y 54) con y sin inoculante, en la cual demostró -- que la mayor rentabilidad se consiguió con la dosis de -- 36 Kg/ha de nitrógeno mas la inoculación.

### III.- OBJETIVOS.

- a).- Seleccionar genotipos de frijol Phaseolus vulgaris L. con características de alta fijación de nitrógeno atmosférico.
- b).- Evaluar económicamente la inoculación con Rhizobium phaseoli en el cultivo del frijol como una alternativa de producción.

### IV.- HIPOTESIS.

- a).- Existe variabilidad genética del material evaluado en relación a la actividad biológica de fijación de nitrógeno atmosférico (reducción de acetileno):
- b).- El uso de inoculantes en el cultivo del frijol es económicamente más rentable en comparación con la fertilización nitrogenada en el rendimiento de grano.

## V.- MATERIALES Y METODOS.

Este trabajo se realizó bajo condiciones de campo, en él se evaluó el potencial de la capacidad simbiótica de 120 genotipos de frijol Phaseolus vulgaris L. Procedentes de diversas áreas de producción agrícola de la República Mexicana, asociados con Rhizobium phaseoli.

Se utilizó un inoculante multicepa compuesto por las cepas: CPMEX-1; CPMEX-22 y CPMEX-23 seleccionadas por su alta eficiencia en la fijación de nitrógeno atmosférico. Estas cepas forman parte de la colección microbiana de la Sección de Microbiología del Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

La fuente de nitrógeno mineral que se utilizó fué - el Sulfato de Amonio y para el fósforo, el Superfosfato de Calcio Simple.

La parcela que se utilizó para el establecimiento de este experimento esta situada en los terrenos de San Juan, propiedad de la Universidad Autónoma de Chapingo. Esta situada en 19° 29' L.N. y 98° 53' L.O. con una altura sobre el nivel del mar de 2250 metros. Presenta una temperatura media anual de 15°C y una precipitación media anual de 644 mm. La clasificación según Enriqueta García es un C (Wo) (W) b (i')g.

La evaluación se hizo mediante un experimento factorial con arreglo en bloques al azar con tres repeticiones. La parcela de prueba consistió en un surco de cuatro metros de largo y 0.8 metros de ancho, siendo un total de 1440 parcelas de prueba. Utilizando un área total de 6210 m<sup>2</sup>. evaluando cada uno de los genotipos bajo cuatro niveles de fertilización.

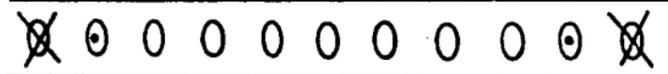
- I.- Inoculación + 40 Kg de  $P_2 O_5$ /ha.
- II.- 40 Kg  $N_2$  + 40 Kg de  $P_2 O_5$ /ha.
- III.- 40 Kg de  $P_2 O_5$ /ha.
- IV.- Testigo sin nodular y sin aplicación de fertilizante.

120 genotipos x 4 niveles de fertilización x 3 repeticiones = 1440 tratamientos.

Las dosis de fertilización empleadas en este experimento (40-40-0) fueron en base a las que usan los agricultores en la región.

En las parcelas de prueba, el arreglo fue el siguiente: Se establecieron 16 matas de 2 plantas por surco, que dando a una distancia de 25 cm. entre matas. Las plantas localizadas en los extremos del surco (2 plantas) se tomaron como muestra para la reducción de acetileno (tratamiento inoculado), dejando en el centro un mínimo de - 20 plantas para evaluar el rendimiento de grano en todos los tratamientos.

PARCELA DE PRUEBA



- ~~⊙~~ Plantas desechadas por diferencia de competencia.
- ⊙ Plantas tomadas para la reducción de acetileno y peso seco de la parte aérea de la planta.
- ⊙ Plantas muestreadas para el rendimiento de grano.

## V.1.- PARAMETROS DETERMINADOS.

En la etapa fenológica de la floración del cultivo, (aproximadamente 50%), se efectuó un muestreo, el cual - consistió en dos plantas para tomar la siguiente observación:

- a).- Actividad de la nitrogenasa, determinada por la prueba de reducción de acetileno.
- b).- Feso seco de la parte aérea de la planta (2 plantas).
- c).- En la cosecha del cultivo se obtuvo el peso del rendimiento de 20 plantas por genotipo y por nivel de fertilización estudiado.

## V.2.- METODO DE REDUCCION DE ACETILENO.

Una vez llegado el cultivo a la fase fenológica de la floración (50%), donde se considera que la nitrogenasa tiene su mayor actividad, se tomaron dos plantas con sus respectivas repeticiones del nivel (inoculado + 40 Kg de  $P_2O_5$  por hectárea). Una vez obtenidas las plantas, se separó a la raíz (con nódulos) de la parte aérea y se introdujo en un recipiente de plástico ( 1 litro) con cierre hermético y tapón de hule; se sacó con una jeringa el 10% de aire - contenido en el recipiente (100 ml.) y se introdujo 100 ml. de acetileno, dejándose en incubación durante 24 horas. Después de la incubación se obtuvieron 5 ml. del gas contenido en el recipiente y se atrapó en tubos " Vacutainer" (tubos al vacío con tapón de hule). Con ayuda de una jeringa se tomaron 0.5 ml de la mezcla gaseosa atrapada en el

"Vacutainer", el cual se inyectó en el cromatógrafo para cuantificar la cantidad de acetileno y etileno que existían en esta mezcla de gas.

A mayor cantidad de acetileno reducido, mayor cantidad de etileno producido y por lo tanto mayor cantidad de nitrógeno fijado.

## VI.- ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS.

Una vez realizados los análisis de varianza que -- corresponden al modelo enunciado en el diseño experimental y apoyándose en el cuadro (1), se desprende que la variable: rendimiento de grano gr/20 plantas, presentó significancia en niveles de fertilización, genotipos y la interacción genotipos x niveles de fertilización; la variable peso seco de la parte aérea de la planta en -- gr/2 plantas cuadro (2), también mostró significancia para niveles de fertilización, no presentó significancia para genotipos, pero si hubo significancia en la interacción: genotipos por niveles de fertilización; para la variable reducción de acetileno (producción de etileno - nanomoles/2 plantas) cuadro (3), no presentaron significancia los genotipos. Por otro lado no existe diferencia significativa entre la variable reducción de acetileno y el rendimiento de grano cuadro (4); existe significancia al 5% para el análisis de varianza de la regresión entre la variable rendimiento de grano y el peso seco de la parte aérea de la planta cuadro (5), pero no hay significancia en el análisis de regresión entre la reducción de acetileno y el peso seco de la parte aérea de la planta cuadro (6).

Cuadro(1) Análisis de varianza de la variable rendimiento de grano.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Ft 0.05	Ft 0.05
Repetición	2	1326169.90	663083.95	34.40	3.00 <sup>+</sup>	4.61 <sup>++</sup>
Tratamientos	479	16087604.35	33585.81	1.74	1.00 <sup>+</sup>	1.00 <sup>++</sup>
Niveles de fertilización	3	3086059.42	1028686.5	53.37	2.60 <sup>+</sup>	3.78 <sup>++</sup>
Genotipos	119	4513307.78	37926.95	1.96	1.22 <sup>+</sup>	1.32 <sup>++</sup>
Gen. x Niv.de fertilización	357	8488237.13	23776.57	1.23	1.00 <sup>+</sup>	1.00 <sup>++</sup>
Error	926	17846571.88	19272.75			
Total	1407	35260344.13				

Cuadro(2) Análisis de varianza de la variable peso seco de la parte aérea de la planta.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Ft0.05	Ft0.01
Repetición	1	46872.51	46872.51	195.16	3.00 <sup>+</sup>	4.61 <sup>++</sup>
Tratamientos	479	182602.7	381.21	1.58	1.00 <sup>+</sup>	1.00 <sup>++</sup>
Niveles de fertilización	3	16845.52	5615.17	23.37	2.37 <sup>+</sup>	3.32 <sup>++</sup>
Genotipos	119	27803.47	233.64	0.97	1.22NS	1.32NS
Gen. x Niv.de fertilización	357	91081.18	255.12	1.06	1.00 <sup>+</sup>	1.00 <sup>++</sup>
Error	457	109758.17	240.17			
Total	937	292360.85				

Cuadro(3) Análisis de varianza de la variable reducción de acetileno(producción de etileno).

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Ft0.05	Ft0.05
Repetición	1	247930.37	247930.37	4.84		
Genotipos	119	6358056.07	53429.04	1.04	1.66NS	2.03NS
Error	117	5984354.33	51148.32			
Total	237	12590340.78				

Cuadro(4) Análisis de varianza de la regresión entre la variable reducción de acetileno y el rendimiento de grano.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Ft0.05	Ft0.05
Regresión	1	215.79	215.79	2.65	3.92NS	6.85NS
Error	115	9342.09	81.23			
Total	116	9558.68				

Cuadro(5) Análisis de varianza de la regresión entre la variable rendimiento de grano y el peso seco de la parte aérea de la planta.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Ft0.05	Ft0.05
Regresión	1	515.73	515.73	6.55	3.92 <sup>+</sup>	6.85NS
Error	115	9042.95	78.63			
Total	116	9558.68				

Cuadro(6) Análisis de varianza de la regresión entre la variable reducción de acetileno y el peso seco de la parte aérea de la planta.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	Ft0.05	Ft0.05
Regresión	1	371.3	371.3	3.83	3.92NS	6.85NS
Error	115	11147.8	96.93			
Total	116	11518.48				

## VII.- RESULTADOS Y DISCUSION.

### Rendimiento de grano.

En el análisis estadístico efectuado en los datos de esta variable (cuadro 1), reporta significancia estadística para los niveles de fertilización, genotipos y la interacción entre éstos.

Respecto a los niveles de fertilización, la prueba de separación de medias  $DSH=0.05$  (cuadro 7), indica que los rendimientos de grano más altos se obtienen con el empleo de los niveles de fertilización 40-40-0, siguiéndole la inoculación + 40 Kg  $P_2O_5$ /ha; en tanto que la fertilización no nitrogenada y sin inoculación con Rhizobium se producen los rendimientos de grano más bajos. Estos resultados difieren con los obtenidos por Marini, 1986; quien encontró que la inoculación más 60 Kg de  $P_2O_5$ /ha fue mayor en el rendimiento de grano que la fertilización nitrogenada (60-60-0) y (40-60-0). Claro que debemos pensar en las condiciones ambientales las cuales son muy diferentes, ya que Marini lo realiza en un clima cálido-húmedo y como sabemos la temperatura y la humedad pueden afectar el desarrollo del inoculante, siendo la desecación del suelo un factor determinante en casos de clima templado a diferencia del clima húmedo (Alexander, 1980).

De los 120 genotipos se seleccionaron los 10 que presentaron los más altos rendimientos de grano y que corresponden a los genotipos 33, 32, 6, 67, 69, 8, 4, 80, 43, y 92 (véase cuadro 8). Respecto a la interacción genotipo por fertilización se encontró que los mejores rendimientos de grano se dan entre los genotipos 14, 114, -

4, 33 con el nivel (40-40-0), aunque en algunos casos -- la interacción inoculante + 40 Kg de  $F_2O_5$  superan a la interacción anterior y que son los genotipos 84 y 3 (veá se cuadro 9).

#### Reducción de acetileno.

Aunque en el análisis de varianza para la reducción de acetileno (cuadro 3), no nos indique significancia o que esta diferencia significativa sea muy pequeña, se han seleccionado los 10 mejores genotipos que produjeron mayor cantidad de etileno (veá se cuadro 10).

#### Peso seco de la parte aérea de la planta.

En cuanto a esta variable, el (cuadro 2) nos indica diferencia significativa para los niveles de fertilización, produciéndose los más altos valores para el nivel (40-40-0) y los más bajos para el nivel inoculación + 40 Kg  $F_2O_5$  de acuerdo con la LSH al 0.05 (veá se cuadro 11). En el mismo cuadro no nos reporta significancia para genotipos, se leccionándose de éstos los diez mejores (veá se cuadro 12). En cuanto a la interacción genotipos por niveles de fertilización, existe diferencia significativa, produciéndose los más altos pesos para el nivel (40-40-0) y el testigo (veá se cuadro 13). Por otro lado existe una relación positiva entre la producción de la parte aérea de la planta y el rendimiento de grano, (veá se cuadro 5 para el análisis de regresión entre estas dos variables). Por otro lado no existe ninguna relación entre la reducción de acetileno y el rendimiento de grano (veá se cuadro 4), de igual manera no existe relación entre la producción de etileno y el peso seco de la parte aérea de la planta (veá se cuadro 6).

Los resultados en forma general se presentan en las figuras 1, 2, 3 y 4; en la figura 1 se observa el efecto de los diferentes niveles de fertilización sobre el rendimiento de grano, sobresaliendo el nivel (40-40-0) y superando con un 19% al nivel (inoculación + 40 Kg  $P_2O_5$ ). En la figura 2 se comparan los promedios de rendimiento de grano de los genotipos en la cual se observan los genotipos que sobresalieron y que se seleccionaron (cuadro 8). En la figura 3 se observan los genotipos que sobresalieron en la producción de etileno y que se seleccionaron en el (cuadro 10), en la figura 4 se observa el efecto de los niveles de fertilización sobre el peso seco de la parte aérea de la planta en donde se observa nuevamente el efecto del nivel (40-40-0) que sobresale en esta variable. El nivel (inoculación + 40 Kg  $P_2O_5$ ) fue el que -- menos peso seco de la parte aérea produjo.

Cuadro (7) Prueba de separación de medias (DSH) para los niveles de fertilización para la variable rendimiento de grano.

NIVELES DE * FERTILIZACION	MEDIAS (g/20 plantas)	SEPARACION DE MEDIAS **	
40 - 40 - 0	377.268	a	
Inoculación + 40Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	302.220	b	
Testigo	268.488	c	
0 - 40 - 0	256.348	c	
= 0,05	GLB=926	CMB=19272	DSH=26.56

\* CORRESPONDE A NIVEL DE FERTILIZACION X GENOTIPO.

\*\* MEDIAS CON LA MISMA LETRA NO SON ESTADISTICAMENTE DIFERENTES AL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ENUNCIADA.

Cuadro (6) Diez mejores genotipos para el rendimiento de grano.

GENOTIPO	MEDIAS (g/20 plantas)	SEPARACION DE MEDIAS *
33	420.34	a
32	403.09	a
6	400.52	a
67	388.22	a
69	384.52	a
8	379.32	a
4	378.77	a
80	366.89	a
43	362.08	a
92	360.27	a

= 0.05

GLE = 926

CME = 19272.75 DSH=200.78

\*MEDIAS CON LA MISMA LETRA NO SON ESTADISTICAMENTE DIFERENTES AL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ENUNCIADA.

Cuadro (9) Diez mejores genotipos para el rendimiento de grano. Interacción genotipos X niveles de fertilización.

GENOTIPO	NIVEL DE FERTILIZACION	MEDIAS (g/20 plantas)	SEPARACION DE MEDIAS *
14	40 - 40 - 0	570.23	a
114	40 - 40 - 0	560.11	a
4	40 - 40 - 0	553.51	a
33	40 - 40 - 0	552.30	a
84	Inoculación + 40Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	544.24	a
23	40 - 40 - 0	521.42	a
8	40 - 40 - 0	518.81	a
48	40 - 40 - 0	503.20	a
35	40 - 40 - 0	502.72	a
3	Inoculación + 40 Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	500.62	a

= 0.05

GLE = 926

CME = 19272.75

DSR = 168.72

\* MEDIAS CON LA MISMA LETRA NO SON ESTADISTICAMENTE DIFERENTES AL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ENUNCIADA.

Cuadro (10) Diez mejores genotipos que redujeron mayor -  
 cantidad de acetileno (producción de etileno).

GENOTIPOS	MEDIAS * (Nanomoles/2 plantas)	SEPARACION** DE MEDIAS
80	934.15	a
97	737.02	a b
84	673.45	a b c
67	645.67	a b c
120	552.72	a b c
50	493.42	a b c
30	484.22	b c
113	475.17	b c
79	441.90	b c
73	426.01	b c

= 0.05

GLE = 117

CME = 51148.32 DMS=447.79

\* CORRESPONDE A LOS NANOMOLES DE ETILENO PRODUCIDO POR  
 DOS PLANTAS.

\*\* MEDIAS CON LA MISMA LETRA NO SON ESTADISTICAMENTE DIFE-  
 RENTES AL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ENUNCIADA.

Cuadro (11) Prueba de separación de medias (DSH) para los niveles de fertilización para la variable peso seco de la parte aérea de la planta.

NIVELES DE * FERTILIZACION	MEDIAS (g/2 plantas)	SEPARACION DE MEDIAS **
40 - 40 - 0	30.83	a
Testigo	28.21	a
0 - 40 - 0	23.91	b
Inoculación + 40 Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	19.67	c

= 0.05

GLE = 457

CME = 240.17

DSH = 3.63

\* CORRESPONDE A NIVEL DE FERTILIZACION X GENOTIPO.

\*\* MEDIAS CON LA MISMA LETRA NO SON ESTADISTICAMENTE DIFERENTES AL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ENUNCIADA.

Cuadro (12) Diez mejores genotipos de la variable peso seco de la parte aérea de la planta.

GENOTIPOS	MEDIAS (g/2 plantas)	SEPARACION DE MEDIAS *
69	38.87	a
89	38.82	a
77	26.25	a
78	35.55	a
14	35.18	a
87	33.50	a
71	33.18	a
97	33.16	a
94	32.85	a
106	32.48	a

= 0.05

GLE = 457

CME = 240.17 DSH=27.45

\* MEDIAS CON LA MISMA LETRA NO SON ESTADISTICAMENTE DIFERENTES AL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ENUNCIADA.

Cuadro (13) Diez mejores genotipos de la variable peso seco de la parte aérea de la planta. Interacción genotipos x niveles de fertilización.

GENOTIPOS	NIVELES DE FERTILIZACION	MEDIAS (g/2 plantas)	SEPARACION DE MEDIAS *
14	40 - 40 - 0	66.85	a
56	40 - 40 - 0	63.55	ab
106	40 - 40 - 0	60.60	bc
69	40 - 40 - 0	57.85	cd
71	40 - 40 - 0	56.60	de
8	Testigo	55.45	def
48	40 - 40 - 0	54.85	def
59	40 - 40 - 0	53.70	efg
89	Testigo	51.25	fgh
61	40 - 40 - 0	50.35	ghi

= 0.05      GLE = 457      CME = 240.17      LSH = 3.54

\* MEDIAS CON LA MISMA LETRA NO SON ESTADISTICAMENTE DIFERENTES AL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ENUNCIADA.

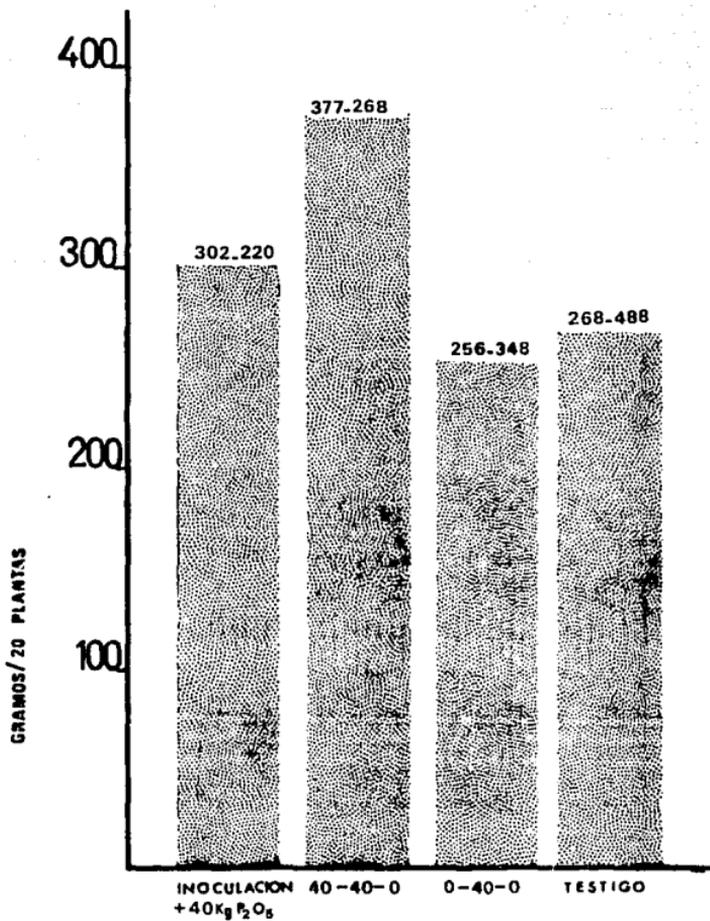


FIG.2. EFECTO DE LOS NIVELES DE FERTILIZACION SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO.

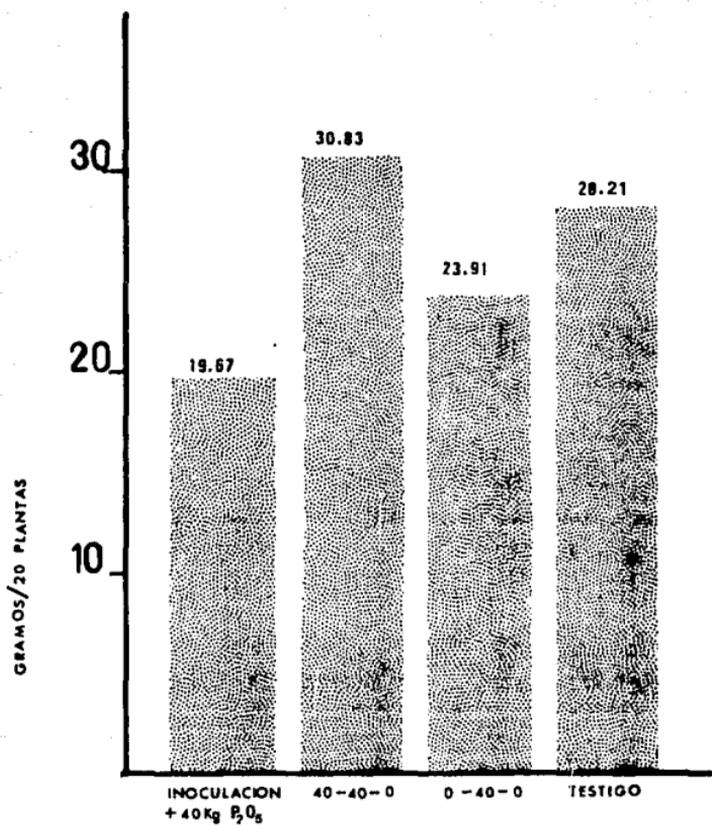
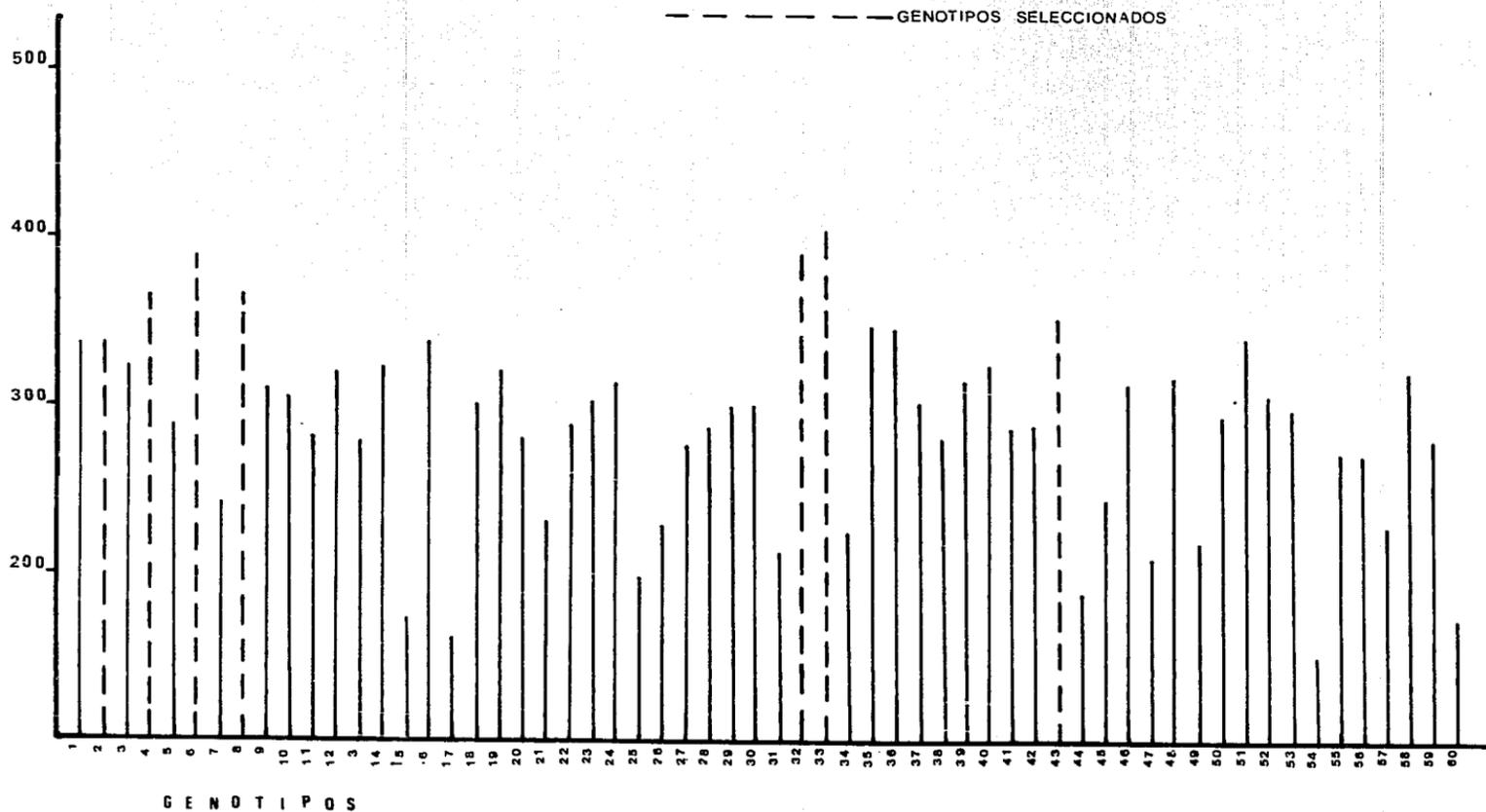
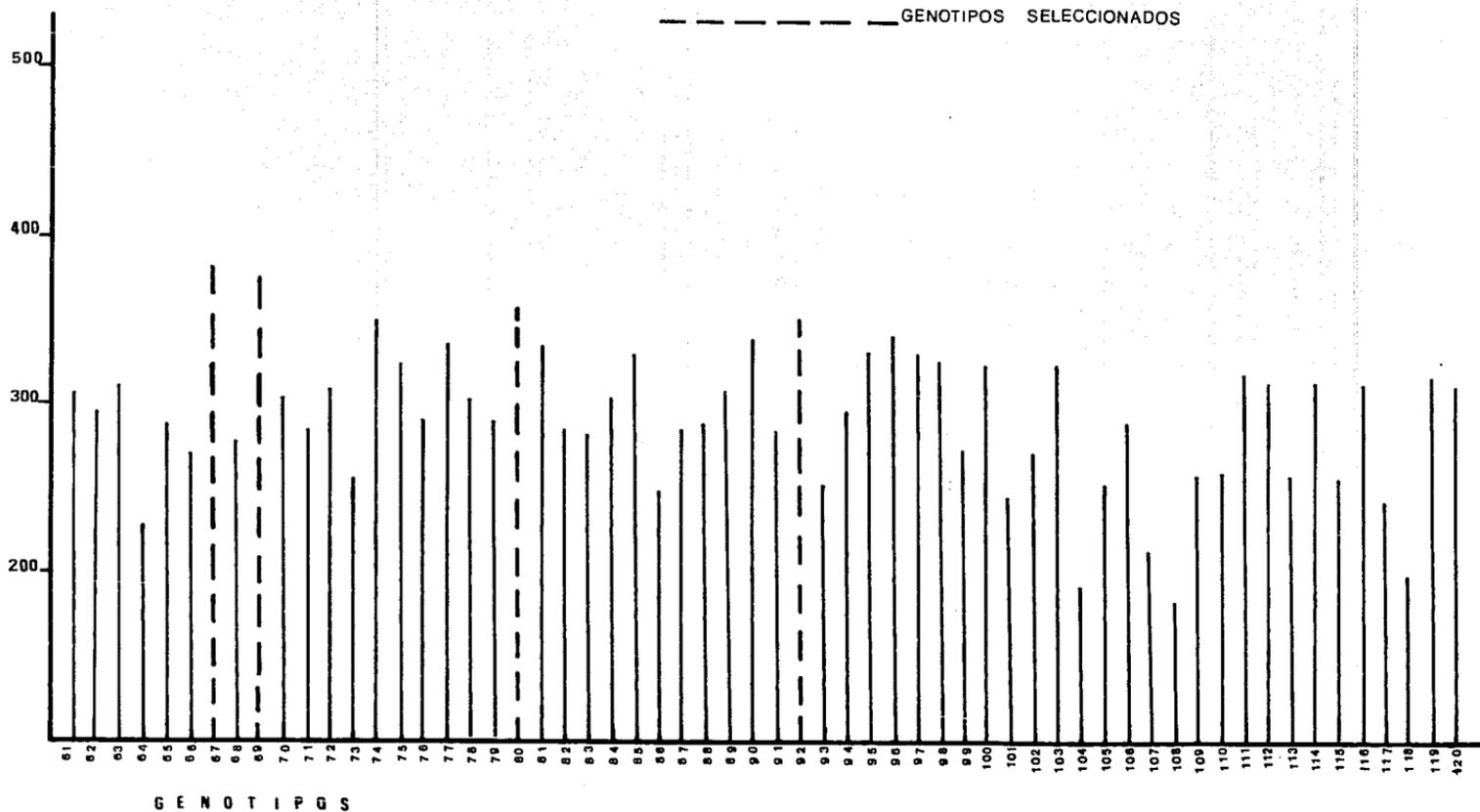


FIG.3. EFECTO DE LOS NIVELES DE FERTILIZACION SOBRE EL PESO SECO DE LA PARTE AEREA DE LA PLANTA.

FIG. 4.- RENDITO. PROMEDIO DE GRANO DE LOS GENOTIPOS. G/20 PLANTAS.

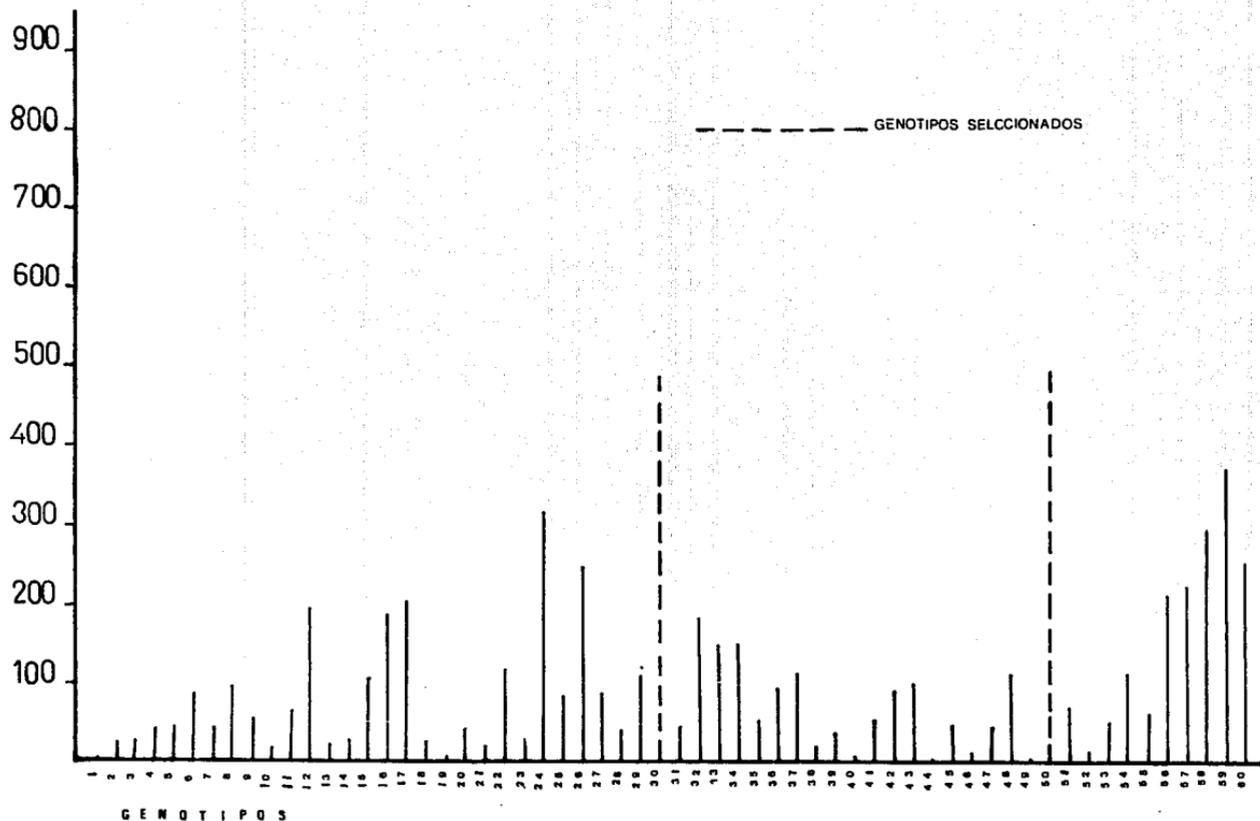


RENDO. PROMEDIO DE GRANO DE LOS GENOTIPOS. G/20 PLANTAS.

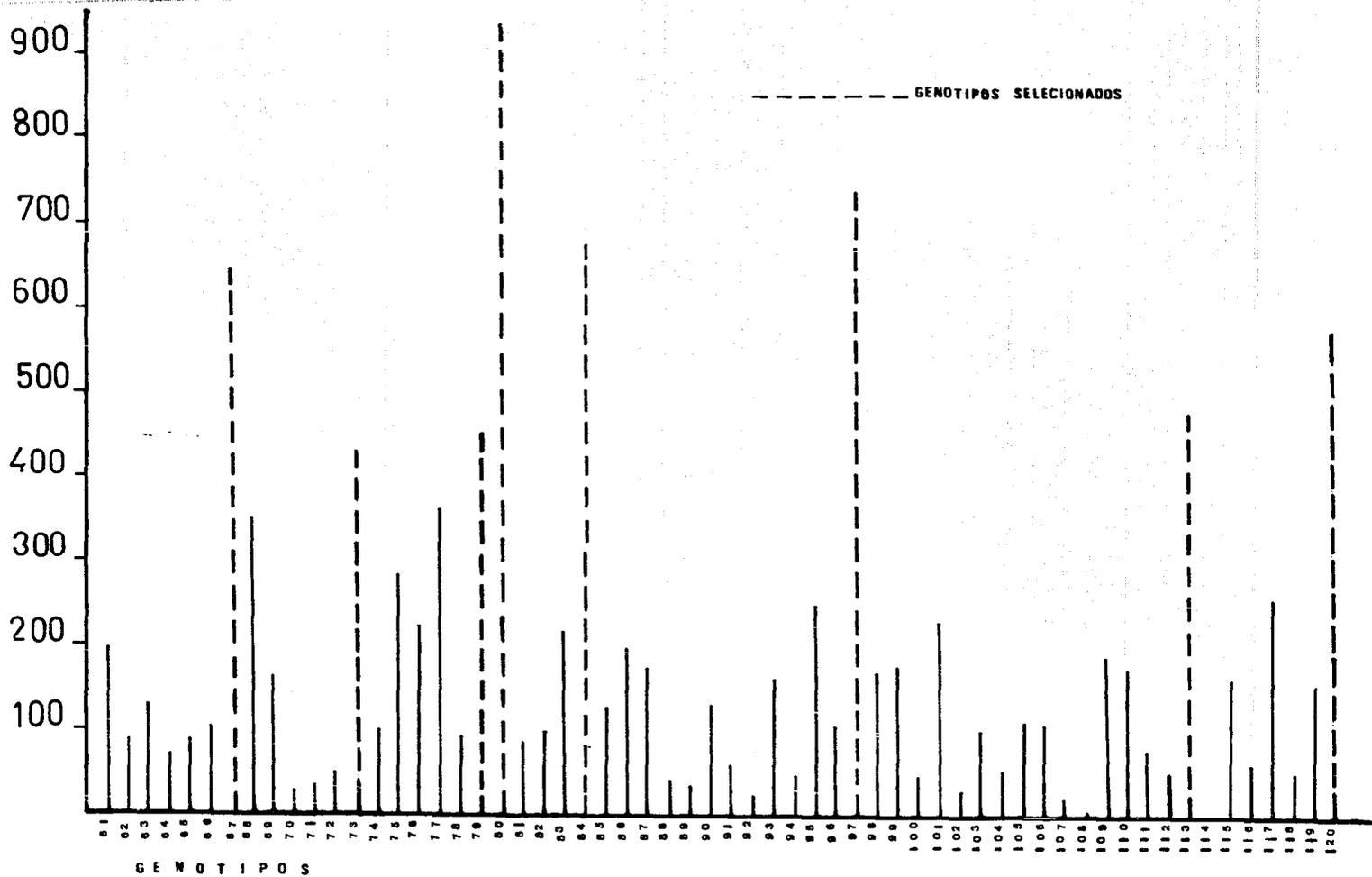


CONTINUACION DE LA FIGURA 4

FIG. 5. PRODUCCION DE ETILENO  $C_2H_4$  nanomol/s plantas.



PRODUCCION DE ETILENO  $C_2H_4$  DE LOS GENOTIPOS nanomolis/2 plantas.



## VIII.- ANALISIS ECONOMICO.

Se hizo un análisis económico de los rendimientos de grano obtenidos en cada uno de los niveles de fertilización, para determinar el nivel óptimo económico. Para la interpretación económica se empleó el siguiente procedimiento. Consistió en calcular los beneficios netos para cada nivel de fertilización, y a continuación se seleccionó el nivel óptimo, suponiendo una determinada tasa de retorno al capital.

En el análisis económico se obtuvo la información confiable sobre los diferentes valores de los productos involucrados. Se consideró el precio de garantía de COMASUFO para el frijol. Los costos de los fertilizantes, así como del inoculante "Nitrobiol" se obtuvieron directamente de Fertilizantes Mexicanos (FERTIMEX). En el cuadro (1A) se presentan los diferentes valores y costos utilizados en el análisis económico.

Antes de iniciar la interpretación económica, se consideró aconsejable ajustar los rendimientos del frijol reportados en los diferentes niveles de fertilización, a valores que se acercaban más a lo que obtendrían los agricultores al emplear los mismos niveles de fertilización. Se reconoce que los rendimientos obtenidos en parcelas chicas generalmente superan los rendimientos producidos por los agricultores por varias razones, entre las cuales se puede mencionar: población de plantas más uniforme en las parcelas chicas, mientras que en las siembras de agricultores, siempre hay pequeñas superficies sin sembrar. Aunque la relación entre el rendimiento obtenido en parcelas chicas y el rendimiento producido por los agricultores, puede variar mucho, sobre todo en función de la

netos es para un nivel dado la diferencia entre su beneficio neto y el beneficio neto del nivel situado inmediatamente abajo en la lista (Columna 1). Finalmente la -- tasa marginal del retorno al capital, es el incremento -- marginal en el beneficio neto expresado como porcentaje del incremento marginal en el costo variable.

Para seleccionar el nivel de fertilización óptimo -- entre los tres en el cuadro (4A), es necesario emplear -- algún criterio sobre la magnitud del retorno al capital invertido en los costos variables, que debe recibir el -- productor. En la actual interpretación económica, se su -- ponen dos criterios: retorno al capital de 25% y de 100%. Se considera que el primer criterio se aplica mas o menos a los productores que trabajan con crédito de la banca -- oficial y que tienen sus siembras aseguradas por la Ase -- guradora Nacional Agrícola y Ganadera. El criterio de un retorno al capital del 100%, se aplica más bien a los pro -- ductores que utilizan sus propios recursos o fondos y no tienen sus siembras aseguradas.

En el cuadro (4A), se ve que la tasa del retorno al capital, al pasar del nivel de fertilización (0-0-0) que es el testigo al nivel (Inoculación + 40 Kg  $P_2O_5$ ) la tasa del retorno al capital es de 87.42%, que es aplicable para el primer criterio. Sin embargo, al aplicar el nivel (40-40-0), la tasa del retorno al capital es de 354.27%. En este caso nos interesa calcular la tasa del retorno -- al capital al aplicar fertilizante nitrogenado y al mis -- mo tiempo aplicar fósforo (cambiar del segundo al primer nivel). Este cálculo se hace dividiendo la suma de los beneficios ( $122\ 907.43 + 33\ 043.13 = 155\ 950.56$ ) entre -- la suma de los dos costos variables ( $34\ 692.32 + 37\ 795.13 = 72\ 487.45$ ); el valor resultante es de 215% aceptable --

eficiencia de las prácticas de manejo empleadas por los agricultores, se decidió utilizar un solo factor para el ajuste de los rendimientos experimentales. Se seleccionó el factor 0.8 y se ajustaron todos los rendimientos -- experimentales, multiplicando por este factor.

En el cuadro (2A), se presenta el cálculo de los beneficios netos por el nivel de fertilización, para ejemplificar la forma de efectuar estos cálculos. Los costos variables incluyen el costo del nitrógeno, del fósforo, del inoculante, de la semilla y de la aplicación de éstos. El beneficio neto es la diferencia entre el beneficio bruto y la suma de los costos variables.

Una vez calculados los beneficios netos el siguiente paso fué determinar cuales de los niveles podrían representar combinaciones de niveles de los insumos, racionales de acuerdo con el criterio económico. Esta selección de niveles de fertilización se hace a base de un análisis de dominancia, que se ilustra en los resultados señalados en el cuadro (3A).

El último paso de la selección del nivel de fertilización óptimo se refiere a un análisis marginal de los posibles niveles óptimos encontrados en el análisis de dominancia. En el cuadro (4A), se presenta el análisis marginal de los tres niveles que se quedaron con posibilidades, después de haber eliminado uno de ellos en el análisis de dominancia. En el cuadro (4A), se dan los incrementos marginales en los costos variables, que en cada caso, es la diferencia entre el costo variable para un determinado nivel de fertilización, y el costo variable del nivel localizado inmediatamente abajo de la lista (columna 3). En la misma forma, el incremento en los beneficios --

se concluye en este análisis económico que el nivel óptimo, considerando un retorno de 25%, es inoculando -- + 40 Kg/ha de  $P_2O_5$ , y el óptimo para una tasa de retorno al capital del 100% es aplicando 40 Kg/ha de N + 40 Kg/ha de  $P_2O_5$ .

CUADRO (1 A) VALORES Y COSTOS UTILIZADOS EN EL ANALISIS  
ECONOMICO DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.

---

TEXCOCO, Méx. Enero de 1988.

---

Valor del frijol \$ 525,000.00 Ton. Precio de garantía  
de (CONASUPO)

COSTO DE LOS FERTILIZANTES.

Sulfato de amonio con 20.5% de N \$ 186,000.00 Ton.

Superfosfato de calcio simple 20.5%

de  $P_2O_5$  . . . . . \$ 124,000.00 Ton.

COSTO DEL INOCULANTE.

"Nitrobiol" . . . . . \$ 3,200.00 Kg.

Dosis aplicada 0.5 Kg. . . . . \$ 1,600.00

COSTO DE APLICACION DE LOS FERTILIZANTES.

Dos jornales a razón de . . . . . \$ 6,000.00/jornal

Costo de la semilla . . . . . \$ 1,150.00 Kg. Pre  
cio de PRONASE

Densidad 100 000 plantas/ha.

---

CUADRO (2 A) CALCULO DE LOS BENEFICIOS NETOS DE LOS NIVELES DE FERTILIZACION.

Concepto	NIVELES DE FERTILIZACION			
	40-40-00	Inoculación+40P	0-40-0	0-0-0
Rendimiento ajustado	1509.07	1208.88	1025.39	1073.95
Beneficio bruto(\$525)	792261.75	634662	538329.75	563823.75
COSTOS VARIABLES				
(NH <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> )	36292.32	0	0	0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (SFCS)	24195.12	24195.12	24195.12	0
Inoculante	0	1600	0	0
Semilla	26450	26450	26450	26450
Aplicación de fertilizante	12 000	12 000	12 000	0
Total	98937.44	64245.12	62645.12	26450
Beneficio neto	693324.31	570416.88	475684.63	537373.75

CUADRO (3 A) ANALISIS DE DOMINANCIA DE LOS NIVELES DE FERTILIZACION.

Beneficio neto	Tratamiento	Costo variable
693 324.31	40-40-00	98 937.44
570 416.88	Inoculado + 40 F <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	64 245.12
537 373.75	0 - 0 - 0	26 450.00
475 684.63	0 - 40 - 0	62 645.12

CUADRO (4 A) ANALISIS MARGINAL DE LOS TRATAMIENTOS.

Beneficio Neto	Tratamientos	Costo Variable	Incremento marginal en costo variable	Incremento marginal en beneficio neto	Tasa marginal de retorno al capital
6 9 3 3 2 4. 3 1	40 - 40 - 00	9 8 9 3 7. 4 4	3 4 6 9 2. 3 2	1 2 2 9 0 7. 4 3	3 5 4. 2 7
5 7 0 4 1 6. 8 8	Inoculado + 40 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6 4 2 4 5. 1 2	3 7 7 9 5. 1 3	3 3 0 4 3. 1 3	8 7. 4 2
5 3 7 3 7 3. 7 5	0 - 0 - 0	2 6 4 5 0	_____		

} 215%

## IX.- CONCLUSIONES.

De los cuatro niveles de fertilización estudiados en este trabajo y que rindieron mayor cantidad de grano fueron el nivel (40-40-0), siguiéndole el nivel (inoculación + 40 Kg/ha de  $F_2O_5$ ); de los 120 genotipos estudiados en cuanto al rendimiento de grano, se seleccionaron el -- 33, 32, 6, 69, 8, 4, 80, 43 y el 92. De las mejores interacciones para los niveles de fertilización y los genotipos en base al rendimiento de grano, se seleccionaron los genotipos 14, 114, 4, 33, 23, 8, 48, 35 con el nivel (40-40-0) y los genotipos 84 y 3 con el nivel (inoculación + 40 Kg/ha de  $F_2O_5$ ).

Para la variable reducción de acetileno se seleccionaron los genotipos: 80, 97, 84, 67, 120, 50, 30, 113, - 79 y 73. Para la variable peso seco de la parte aérea de la planta, resultó ser mejor el nivel (40-40-0), la cual tiene una correlación positiva con el rendimiento de grano, de los 120 genotipos estudiados para esta variable, se seleccionaron los siguientes: 69, 89, 77, 78, 14, 87, 71, 97, 94 y 106.

Para el análisis económico de los niveles de fertilización estudiados, el nivel óptimo económico para un productor que usa sus propios fondos, se le recomienda el nivel (40-40-0) y para productores de subsistencia (con crédito bancario), el nivel recomendado es (inoculación + 40 Kg/ha de  $F_2O_5$ ).

## X.- BIBLIOGRAFIA.

- 1.-Aguirre, B.G. 1976. Factibilidad económica de la aplicación de inoculante en la producción de frijol Phaseolus vulgaris L. a diferentes niveles de nitrógeno en el suelo. Tesis. I.T.E.S.M.
- 2.-Alexander, M. 1980. Fijación simbiótica del nitrógeno. En introducción a la microbiología del suelo. pp.335. Traducción de la 2a. ed. en inglés por J.J. Peña Cabriales. Ed. AGT Editor, S.A. México.
- 3.-Bidwell, R.G. 1963. Metabolismo del nitrógeno. En Fisiología vegetal. págs. 207-213. Ed. AGT Editor, S.A. México.
- 4.-Bral, A.K. 1980. Changes in the outer cell wall of Rhizobium during development of root nodule symbiosis in soybeans. Can.J. Microbiology. págs. 216-218.
- 5.- Buckman, H.O y Brady, N.C. 1966. Naturaleza y propiedades de los suelos. págs. 438-439.
- 6.-Burrows, W. 1974. Ciclo del nitrógeno. Tratado de microbiología. Univ. de Chicago. Págs. 105-106.
- 7.- Chávez, S.A. 1975. Efecto de la fertilización con N, P, K y Fe y del manejo de dos cepas de inoculante Rhizobium phaseoli, sobre la nodulación, acumulación de N y rendimiento de frijol Phaseolus vulgaris L.
- 8.-Cross, A. 1976. Abonos, guía práctica de la fertilización. Ed. mundi prensa. pp.45.
- 9.-Dart, F.H y Day, J.M. 1971. Effects of incubation temperature on oxygen tension and nitrogenase activity of legume root-nodules. Plant and soil. págs. 169-184.
- 10.-Domergues, Y; Lreyfus, B; Hoang, G.D; Duhuz, E. 1985. Fijación del nitrógeno y agricultura tropical. Revista mundo científico No. 45, págs. 276-285.
- 11.-Edward, A.N y Hassall, K.A. 1976. Fijación de nitrógeno. Bioquímica y fisiología celulares. Ed. M.M. págs. 269-273.

- 12.-Fuentes, T.M. 1981. Respuesta a la inoculación y los componentes de rendimiento en tres genotipos de frijol Phaseolus vulgaris L. Tesis. UACH.
- 13.-Galomo, R.T. 1978. Respuesta de la inoculación y fertilización en cuatro variedades de frijol Phaseolus vulgaris L. en la región de Chontalpa, Tabasco. Tesis. UACH.
- 14.-García de M.E. 1986. Apuntes de climatología. Págs. 103-114. Talleres offset Larios, S.A. México.
- 15.-Gardezi, K.A. 1986. Selección de genotipos de Phaseolus vulgaris L. de eficiencia en fijación de nitrógeno asociado con Rhizobium phaseoli. Tesis CP. Capingo, México.
- 16.-Graham, F.H. 1973. Nitrogen fixation in the biosphere. Role of CIAT and other international research centres in post, L.B.P.
- 17.-Graham, F.H. 1982. Factors affecting nodulation and symbiosis nitrogen fixation in legumes.
- 18.-Hans, G.S. 1979. Microbiología general. Univ. de Göttingen. págs. 325-327.
- 19.-Kenedy, I.R. 1966 Nitrogen fixation. Biochim. Biophys. Acta, 130, 517.
- 20.-Lepiz, K.I. 1980. Programa Nacional de frijol. Informe 1978. INIA-SARH. México.
- 21.-Lie, T.A. 1971. Nodulation of rooted leaves in leguminous - plants. Plant and soil. págs. 663-673.
- 22.-Lie, T.A. 1981. Nitrogen fixation. Environmental. physiology of the legume-Rhizobium symbiosis. Vol. 1. págs. 108-109.
- 23.-Loneragan, J.F. 1972. The soil chemical environment in relation to symbiotic nitrogen fixation. I.A.E.A. Tach, págs. 17-54.

- 24.-Mejía, D.C. 1983. Inoculación con Rhizobium y su efecto en los componentes de rendimiento en cuatro especies de Phaseolus. Tesis.CP. Chapingo, México.
- 25.-Munns, D.N. 1970. Nodulation of Medicago sativa in solution cultura V. calcium and pH requerimientos during infection. Plant and soil. págs. 90-102.
- 26.-Norris, D.O. 1959. Legume Bacterology in the tropics. J.Aust. Inst. Agric. pp. 25.
- 27.-Ortiz, V.B. 1979. Fertilidad de suelos. Capingo, México. págs. 49-52.
- 28.-Peter, J.R; Alexander M. Effect of the root nodule bacteria. Soil Science. pp. 102.
- 29.-Postgate, J. 1981. Fijación de nitrógeno. Ed. Omega, S.A. págs. 13-25, 59-60.
- 30.-Reyes, C.P. 1980. Diseño de experimentos agrícolas. Segunda edición, Ed. Trillas. págs. 61 y 179.
- 31.-Rigaud, A.P. 1977. Biochim; Biophys. Acta. 497, 702.
- 32.-SARH, 1984. Agenda de información estadística agropecuaria y forestal.
- 33.-Thorton, H.G. y J. Rudorf. 1936. The ab-normal structure - induced in nodules on lucere Medicago sativa L. by the of sodium nitrite to the host plant. Roy Soc. London E. Págs. 240-252.
- 34.-Trujillo, G.G. 1987. Producción y estado actual de los inoculantes para leguminosas en México. Trabajo presentado en el Simposio "La fijación Biológica del nitrógeno en frijol comun". Zacatecas, Zac.
- 35.-Vargas, R.E. 1969. Aspectos microbiológicos de la fijación simbiótica de nitrógeno por Rhizobium. Vol. V. No. 3.
- 36.-Vincent, J.M. 1972. Root-nodule symbiosis with Rhizobium. The biology of nitrogen fixation. A. Quispel. North Holland Research. vol. 1, págs. 266.
- 37.-Virtanen, A.I. 1939. Mecanismos de la fijación del nitrógeno simbiótico por las leguminosas, proc, soil. 4.

## APENDICE

Tabla (1) Rendimiento promedio de grano de los genotipos.  
gramos/20 plantas.

Genotipo.	Rendto.	Genotipo.	Rendto.	Genotipo.	Rendto.
1	349.209	41	288.608	81	356.681
2	349.000	42	291.813	82	293.010
3	336.882	43	362.084	83	288.972
4	378.770	44	187.542	84	309.480
5	291.195	45	243.569	85	340.394
6	400.522	46	318.616	86	251.534
7	245.600	47	208.487	87	290.276
8	379.320	48	325.290	88	295.208
9	321.575	49	219.179	89	321.680
10	317.127	50	298.685	90	348.682
11	290.884	51	347.601	91	290.395
12	329.940	52	320.495	92	360.276
13	282.122	53	303.627	93	251.662
14	335.600	54	153.855	94	304.709
15	174.758	55	276.427	95	342.774
16	328.088	56	301.096	96	352.989
17	160.228	57	229.333	97	343.080
18	300.103	58	331.290	98	338.333
19	336.946	59	284.266	99	279.316
20	283.170	60	173.900	100	326.290
21	235.451	61	315.104	101	280.609
22	289.985	62	301.254	102	275.025
23	307.921	63	321.656	103	336.638
24	324.379	64	234.090	104	192.594
25	201.125	65	293.465	105	257.835
26	235.999	66	274.101	106	300.532
27	279.777	67	388.222	107	216.492
28	291.669	68	281.338	108	185.071
29	208.886	69	384.525	109	265.556
30	306.366	70	310.263	110	267.475
31	217.150	71	289.794	111	332.668
32	403.090	72	120.202	112	327.314
33	420.341	73	259.367	113	262.071
34	226.944	74	355.226	114	327.401
35	357.297	75	331.314	115	261.593
36	358.951	76	295.034	116	327.616
37	309.952	77	346.595	117	251.452
38	282.490	78	314.489	118	204.502
39	322.561	79	295.057	119	330.490
40	331.385	80	366.894	120	325.592

Tabla (2) Interacción genotipos x niveles de fertilización  
de la variable rendimiento de grano g/20 plantas.

NIVELES DE FERTILIZACION									
GENOTIPO	INOCULACION + 40 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40-40-0	0-40-0	TESTIGO	GENOTIPO	INOCULACION + 40 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40-40-0	0-40-0	TESTIGO
1	372.350	418.010	316.633	297.556	31	80.870	469.290	229.383	89.060
2	460.826	664.010	226.080	403.606	32	431.880	487.860	351.930	340.693
3	500.626	382.810	147.270	306.795	33	406.330	552.303	277.223	345.516
4	262.380	553.413	270.930	428.356	34	252.453	266.676	175.233	213.413
5	375.893	229.615	300.923	237.833	35	305.556	502.726	287.990	332.916
6	363.483	359.196	429.026	450.383	36	372.176	410.010	320.856	332.726
7	284.226	222.906	274.416	200.850	37	312.443	365.452	321.219	567.536
8	257.566	518.816	416.583	324.313	38	252.710	320.856	321.583	234.810
9	238.743	407.456	347.833	292.670	39	295.273	441.276	333.490	220.206
10	334.916	483.240	136.606	313.746	40	356.120	308.350	292.353	368.716
11	280.580	308.156	268.163	306.636	41	208.686	410.173	250.013	285.560
12	289.116	280.706	356.116	393.823	42	252.930	322.443	286.576	305.303
13	322.443	208.570	317.553	255.406	43	235.286	468.636	417.376	327.036
14	156.730	570.236	266.170	349.263	44	118.166	328.983	195.460	104.920
15	325.843	122.736	168.886	81.566	45	320.700	253.883	97.740	253.343
16	342.643	326.376	267.980	375.353	46	375.320	382.903	245.790	270.453
17	328.306	000.000	302.100	57.796	47	313.060	376.493	114.643	30.753
18	322.840	316.476	293.970	274.706	48	329.203	503.200	200.720	268.040
19	223.856	497.456	318.600	307.873	49	46.813	454.186	181.626	193.930
20	286.986	261.276	282.673	301.746	50	328.153	478.856	185.930	201.800
21	343.453	204.276	167.840	226.236	51	314.700	372.400	304.003	388.336
22	353.406	275.563	293.590	237.380	52	404.036	424.676	258.010	195.260
23	338.123	521.420	211.956	160.186	53	226.430	275.470	361.830	370.180
24	354.500	422.456	293.843	226.716	54	81.443	246.296	227.286	60.396
25	353.486	139.686	63.350	247.980	55	196.243	398.810	298.320	212.336
26	292.860	300.860	149.966	200.310	56	437.056	412.486	194.116	160.726
27	328.093	360.563	183.170	247.283	57	71.730	301.270	351.420	192.913
28	298.953	337.040	197.990	332.693	58	326.536	441.976	289.910	266.736
29	222.013	338.630	000.000	224.903	59	176.630	471.873	277.656	210.906
30	320.760	520.340	201.990	182.376	60	185.486	103.406	313.233	73.476

Continuación de la tabla (2)

NIVELES DE FERTILIZACION.									
GENOTIPO	INOCULACION + 40 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40-40-0	0-40-0	TESTIGO	GENOTIPO	INOCULACION + 40 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40-40-0	0-40-0	TESTIGO
61	303.333	456.226	336.923	163.933	91	390.336	258.486	180.630	295.540
62	327.890	384.430	278.263	214.433	92	334.790	503.676	230.620	372.020
63	285.116	435.053	309.016	257.440	93	124.103	407.410	179.866	295.270
64	325.773	322.663	209.893	000.000	94	297.113	424.810	263.246	233.666
65	305.303	435.056	217.100	216.400	95	374.400	361.133	267.863	367.700
66	236.296	412.363	284.956	162.790	96	294.400	377.736	301.556	438.263
67	342.723	492.030	342.403	375.733	97	415.566	255.056	305.143	396.553
68	203.070	400.266	179.390	342.626	98	328.360	410.370	243.236	395.380
69	424.963	377.703	308.636	426.803	99	163.396	443.880	299.493	210.496
70	217.385	261.273	306.633	424.803	100	378.176	349.293	297.430	280.260
71	318.350	479.270	210.496	81.695	101	316.410	326.346	218.876	221.190
72	341.423	407.440	275.370	285.656	102	219.223	306.063	292.890	287.213
73	326.916	404.540	141.813	212.590	103	476.506	382.336	229.666	258.043
74	461.526	452.910	362.053	176.976	104	188.280	223.886	107.786	246.423
75	389.666	491.743	104.390	339.456	105	245.470	370.466	187.706	227.696
76	424.743	613.400	239.826	406.140	106	340.850	297.906	328.026	235.346
77	234.396	617.545	296.920	327.836	107	287.810	231.793	230.583	115.783
78	156.570	424.770	344.436	372.940	108	34.466	360.690	177.293	167.836
79	388.713	260.516	276.863	254.136	109	186.183	420.043	247.600	208.400
80	305.843	476.760	394.303	290.670	110	376.873	178.946	203.256	310.823
81	486.186	215.800	317.300	407.440	111	305.206	391.633	385.630	248.203
82	356.850	252.803	273.753	288.636	112	390.523	439.786	299.906	330.695
83	238.680	271.850	260.866	384.493	113	280.733	285.083	220.873	261.596
84	544.240	633.100	254.470	223.923	114	327.806	560.110	149.270	272.420
85	193.450	523.280	365.416	267.180	115	280.573	514.040	152.920	146.763
86	420.773	531.800	274.770	369.606	116	418.106	464.130	271.373	156.856
87	442.576	250.266	247.153	347.673	117	221.603	342.406	169.220	272.580
88	279.753	352.530	299.490	351.323	118	199.006	412.486	71.856	99.740
89	169.520	488.146	372.176	392.493	119	357.260	415.360	218.556	330.786
90	402.746	258.486	236.240	267.596	120	<u>361.990</u>	<u>417.663</u>	<u>228.016</u>	<u>294.700</u>
					X	302.220	377.268	256.348	268.488

Tabla (3) Reducción de acetileno.  
(Producción de etileno nanomols/2 plantas).

Genotipo.	Rendto.	Genotipo.	Rendto.	Genotipo.	Rendto.
1	000.000	41	51.017	81	82.058
2	25.742	42	92.000	82	99.385
3	25.475	43	98.819	83	214.373
4	41.395	44	9.224	84	673.455
5	49.594	45	46.448	85	122.799
6	86.226	46	10.270	86	194.457
7	40.752	47	42.752	87	172.316
8	95.327	48	112.743	88	39.020
9	3.046	49	000.000	89	30.378
10	13.998	50	493.420	90	125.631
11	63.438	51	67.323	91	58.099
12	195.120	52	12.694	92	20.172
13	21.779	53	50.458	93	155.172
14	28.895	54	107.301	94	41.282
15	6.988	55	60.521	95	247.009
16	188.566	56	214.656	96	99.614
17	202.325	57	224.158	97	737.023
18	27.942	58	291.721	98	167.802
19	13.974	59	367.544	99	170.965
20	40.042	60	247.870	100	36.008
21	24.483	61	191.839	101	226.459
22	118.181	62	86.049	102	20.560
23	26.428	63	128.236	103	98.545
24	313.280	64	66.464	104	48.185
25	82.519	65	82.125	105	109.433
26	244.731	66	100.091	106	105.980
27	89.192	67	645.670	107	16.432
28	38.741	68	345.024	108	000.000
29	118.589	69	159.774	109	187.590
30	484.221	70	26.959	110	166.505
31	44.742	71	32.197	111	70.360
32	182.532	72	54.380	112	62.320
33	146.404	73	426.018	113	475.172
34	144.400	74	98.236	114	59.636
35	51.503	75	280.528	115	158.943
36	94.415	76	221.216	116	58.803
37	108.482	77	360.255	117	258.789
38	14.788	78	93.733	118	45.194
39	33.448	79	441.908	119	150.916
40	6.891	80	934.155	120	552.723

Tabla (4) Producción del peso seco de la parte aérea de los genotipos.  
gramos/2 plantas.

Genotipo.	Rendto.	Genotipo.	Rendto.	Genotipo.	Rendto.
1	26.24	41	26.58	81	30.35
2	22.68	42	31.41	82	28.40
3	24.31	43	22.50	83	16.47
4	31.88	44	23.76	84	18.92
5	24.74	45	22.72	85	32.47
6	23.20	46	20.25	86	28.92
7	28.17	47	19.95	87	33.50
8	29.77	48	32.35	88	28.15
9	24.98	49	19.16	89	38.82
10	28.57	50	26.66	90	22.66
11	25.72	51	27.04	91	20.76
12	28.62	52	25.20	92	32.07
13	28.94	53	28.68	93	29.17
14	35.18	54	31.11	94	32.85
15	12.68	55	16.45	95	20.22
16	32.35	56	28.68	96	23.33
17	16.65	57	21.27	97	33.16
18	22.85	58	25.70	98	28.80
19	28.82	59	29.45	99	30.60
20	25.97	60	22.86	100	25.32
21	20.92	61	29.25	101	11.44
22	24.75	62	31.28	102	19.91
23	23.15	63	29.82	103	16.30
24	19.50	64	12.02	104	31.52
25	22.16	65	20.47	105	21.13
26	27.37	66	21.70	106	32.48
27	22.32	67	30.53	107	24.50
28	25.33	68	20.92	108	17.21
29	23.67	69	38.87	109	24.56
30	26.06	70	18.95	110	16.25
31	26.53	71	33.18	111	20.43
32	27.18	72	26.95	112	30.10
33	29.68	73	17.20	113	16.08
34	22.56	74	22.35	114	24.28
35	32.32	75	25.97	115	25.66
36	26.50	76	30.87	116	25.50
37	25.05	77	36.25	117	28.67
38	25.18	78	35.55	118	13.97
39	27.33	79	27.10	119	23.08
40	22.71	80	28.60	120	29.37