

Estudios Genéticos y de mejoramiento de
la fijación Biológica de Nitrógeno y
Rendimiento en Frijol común
(Phaseolus vulgaris L.)

MICRODISIS:	1601
FECHA:	7/02/91
ENCARGADO:	BECKERA

P O R

Oswaldo D. Varela

T E S I S

PRESENTADA A LA
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION
DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

El Zamorano, Honduras
Abril, 1989

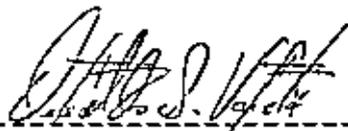
BIBLIOTECA WILSON POPENO
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 93
TEGUCIGALPA HONDURAS

ESTUDIOS GENÉTICOS Y DE MEJORAMIENTO DE LA FIJACION
BIOLOGICA DE NITROGENO Y RENDIMIENTO EN FRIJOL COMUN
(Phaseolus vulgaris L.)

Por

Oswaldo I. Varela

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana
permiso para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para los usos que considere necesarios.
Para otras personas y otros fines, se reservan
los derechos de autor.



Oswaldo I. Varela

Abril 1989

DEDICATORIA

A Dios por ser siempre mi guía.

A mis tres madres: Eduviges, Elvia, y María
por su cariño y apoyo.

A mi abuelo Miguel por su enseñanza y cariño.

A mis hermanos y primos:
Juana, Mercedes, Rafael, Lizeth, Lourdes, Ramón, Yamy, Jenny,
Karen, Jorgito, Consuelo y en especial a Antonio quien ha
sido parte importante para la formación de mi carácter y por
brindarme su apoyo en todo momento.

A mis sobrinos: Meliza, Manuel, Karina, Cindy, Leopoldo,
Michael y Richard quienes han despertado en mí la alegría en
todo momento.

A Paty por su cariño y comprensión.

A Sara, Juan y Leopoldo por ser mis segundos hermanos.

A Carlos Martínez por su amistad y hermandad demostrada.

Finalmente, a la memoria de mi abuela Mercedes y mi tía
Bessy a quienes siempre recuerdo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco con mucho afecto

Al Dr. Juan Carlos Rosas por su apoyo y orientación para la realización de esta tesis.

Al Dr. Leonardo Corral y a Raúl Espinal que fueron un eslabón más para la finalización de mi tesis. Al Dr. Juan José Alán por la ayuda y amistad que siempre me ha brindado.

A Eduardo Robleto, Gonzalo Quillupanqui y Ramiro Moncada, por su amistad, hermandad y ayuda en los trabajos de campo.

A Isbela de Alvarez a quien estoy muy agradecido por su contribución en la elaboración de esta tesis y por la amistad que siempre me ha brindado.

A mis amigos, especialmente a:

David Moreira, Juan Marenco, Alonso Suazo, José Perdomo, Alejandro Palma, Rafael Caballero, Pedro Calderón y Carlos Aceituno por la amistad demostrada.

A mis compañeros Raúl Nehring, Isidro Luna, Aquilino Pitty, Cristóforo Arteaga, Manuel Sánchez, Rodolfo Flores, Fernando Mendoza y Irvin Lazo por el compañerismo y amistad durante este período.

A Rigoberto Umaña, Noemí Sevilla y Isabel Alvarez por la amistad que me han brindado.

A las familias: Martínez Zavala, Ordoñez Flores, Hernández Echeverre y Martínez Arriaga por el afecto que he recibido de ellos.

A la Agencia Internacional de Desarrollo (AID-Honduras), por el financiamiento de mis estudios.

A la Junta de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Internacional, Consejo Nacional de Investigación, Academia Nacional de Ciencias, EE.UU. (BOSTID/NRC-NAS) a través del Proyecto de Investigación en Honduras (Donación No. BNF-HN-1-87-74), por los recursos brindados para llevar a cabo este trabajo.

INDICE

	PAG.
Título	i
Derechos de Autor	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Indice	v
Lista de Cuadros y Figuras	vi
Compendio	ix
I INTRODUCCION	1
II REVISION DE LITERATURA	4
III MATERIALES Y METODOS	11
IV RESULTADOS Y DISCUSION	27
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
VI LITERATURA CITADA	49
Datos Biográficos del Autor	53
Aprobación	54

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

	PAG.
Cuadro 1. Resultado del análisis de suelo de la Terraza 7 de Agronomía, Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988.	12
Cuadro 2. Características de los genotipos de frijol utilizados en el Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988.	14
Cuadro 3. Detalle de los controles fitosanitarios en el Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988.	18
Cuadro 4. Resultado del análisis de suelo de la Terraza 3 de Agronomía, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1988.	19
Cuadro 5. Obtención de 16 poblaciones F ₁ provenientes del cruzamiento entre ocho progenitores de frijol común utilizados en el Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1988.	22
Figura 1. Distribución de los tratamientos del Experimento 2 en el campo. El Zamorano, Honduras, 1988-1989.	23
Cuadro 6. Detalle de los controles fitosanitarios aplicados en el Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1988-1989.	25
Cuadro 7. Diferencias de promedios en las variables días a floración y días a madurez fisiológica, Experimento 1. El Zamorano, Honduras 1988.	28
Cuadro 8. Diferencias de promedios en las variables número y peso seco de nódulos, follaje y raíces en la etapa R6, Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988.	29

	PAG.
Cuadro 9. Diferencia de promedios de peso seco de follaje y nitrógeno total en la etapa R8, Experimento 1. El Zamorano, Honduras 1988.	31
Cuadro 10. Promedios de rendimiento y componentes de rendimiento en el Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988.	32
Cuadro 11. Resultado de comparaciones realizadas entre tipos comerciales y de alta fijación de nitrógeno utilizados en el Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988.	34
Cuadro 12. Análisis de varianza para peso seco de follaje por planta en la etapa R8 (llenado de grano) de las poblaciones F ₁ provenientes de las cruzas de ocho progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.	36
Cuadro 13. Análisis de varianza para el contenido de nitrógeno total de las poblaciones F ₁ provenientes de las cruzas entre ocho progenitores de frijol común en la etapa R8 (llenado de grano), Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.	36
Cuadro 14. Diferencia de promedios del peso seco de follaje y nitrógeno total en la etapa R8 (llenado de grano) de las poblaciones F ₁ provenientes de la craza de ocho progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.	37
Cuadro 15. Diferencias de promedios del peso seco de follaje y nitrógeno total en la etapa R8 (llenado de grano) de las poblaciones F ₁ provenientes de 16 cruzas entre ocho progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.	38
Cuadro 16. Análisis de varianza para el índice de cosecha en la etapa R8 (llenado de grano) de poblaciones F ₁ provenientes de las cruzas de ocho progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.	39

Cuadro 17. Valores promedios y de habilidad combinatoria general (HCG) para índice de cosecha (IC) de poblaciones F_1 provenientes de las cruzas de 8 progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.	39
Cuadro 18. Valores promedios y de habilidad combinatoria específica (HCE) para índice de cosecha (IC) de 16 poblaciones F_1 provenientes de las cruzas de ocho progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.	41
Cuadro 19. Análisis de varianza para peso seco de semilla en la etapa R8 (llenado de grano) de poblaciones F_1 provenientes de las cruzas de ocho progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.	42
Cuadro 20. Valores promedios y habilidad combinatoria general (HCG) del peso seco de semilla (PSS) de poblaciones F_1 provenientes de las cruzas de ocho progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.	42
Cuadro 21. Valores promedios y de habilidad combinatoria específica (HCE) para peso seco de semilla (PSS) de 16 poblaciones F_1 provenientes de las cruzas de ocho progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.	44

COMPENDIO

El frijol común (Phaseolus vulgaris L.) es un componente básico de la dieta tradicional en Centroamérica y una de las principales fuentes de proteína para los habitantes de esta región. La producción de este grano se realiza en áreas donde existen problemas de enfermedades, plagas, estrés por sequía y deficiencias de nitrógeno y fósforo que constituyen la principal limitante de producción.

La fijación biológica de nitrógeno (FBN) en frijol común provee una fuente importante de nitrógeno para mejorar los rendimientos a través del uso de variedades que tengan alta capacidad para fijar nitrógeno y una buena habilidad de transmitir esa característica a sus descendientes cuando entran en cruza con progenitores comercialmente aceptados. En la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras, se realizaron dos experimentos relacionados con esta problemática.

En el primer experimento se realizó un estudio de variabilidad genotípica de caracteres de la FBN, utilizando cuatro genotipos de buenas características agronómicas y comerciales y cuatro de alta FBN y rendimiento. Los resultados durante la etapa R6 presentaron diferencias significativas para las variables número de nódulos (NN) y peso seco de raíz (PSR), no así para peso seco de nódulos

(PSN) y peso seco de follaje (PSF). En la etapa R8, se evaluó el peso seco de follaje y N total pero no existió diferencia alguna entre los genotipos. En la etapa R9 se encontraron diferencias significativas para número de semillas por vaina (NSV) y altamente significativa para número de vainas por planta (NVP) y peso seco de cien semillas (PSCS). En cambio para el rendimiento no hubo diferencia alguna, lo que se atribuye a una compensación existente entre los componentes de rendimiento NVP, NSV y PSCS de los ocho genotipos. Al realizar una comparación entre los progenitores se encontraron diferencias altamente significativas favorables a los genotipos de alta FBN.

En el segundo experimento se determinó la habilidad combinatoria general (HCG) y específica (HCE) de caracteres de crecimiento, rendimiento de grano y nitrógeno total de 16 poblaciones F_1 provenientes de las cruzas de los ocho progenitores de frijol común evaluados en el Experimento 1. Los resultados mostraron que no hubo efecto de la HCG ni de la HCE en el PSF y contenido de N total durante la etapa de llenado de grano (R8). Se encontraron resultados muy significativos de la HCG y HCE en el índice de cosecha y el rendimiento de grano (peso seco de semilla), teniendo una mejor HCG los progenitores 'Desarrural 1R' dentro de los comerciales y 'RIZ 29' y 'RIZ 36' entre los de alta FBN. Se pudo observar una mayor HCG que HCE para las variables mencionadas. Las cruzas F_1 con HCE positiva fueron en su

mayoría las que tenían uno o dos de los tres progenitores con alta HCG.

Según los resultados se recomienda utilizar 'Desarrural IR' como padre probador para líneas de alta FBN y 'RIZ 29' o 'RIZ 36' como probador para líneas o variedades comerciales. Se les puede usar también en programas de mejoramiento para incrementar el rendimiento.

I. INTRODUCCION

El frijol común (Phaseolus vulgaris L.) es un componente básico de la dieta tradicional en Centroamérica y una de las principales fuentes de proteína para los habitantes de esta región. Sin embargo, a pesar de ser un cultivo fundamental, sólomente se consume aproximadamente la mitad de la cantidad per cápita deseada porque la disponibilidad de este grano es insuficiente, debido a una serie de factores que limitan la producción (Bazán, 1974).

El frijol es cultivado por pequeños agricultores, en sistemas de cultivos altamente diversificados y en áreas donde la fertilidad de suelos es un limitante muy frecuente de la producción, existiendo deficiencias de nitrógeno y fósforo ampliamente distribuidas (Rosas y Blas, 1986a). Además, en la mayoría de zonas de producción de frijol los fertilizantes son costosos o no se encuentran disponibles en el mercado. En Honduras, el frijol común es uno de los cuatro cultivos de grano de mayor importancia y ocupa aproximadamente el 11 % de la superficie cultivada. El rendimiento promedio del frijol en Honduras es aproximadamente 533 kg/ha (11.7 qq/ha), estimándose además que más del 70 % de la producción total proviene de fincas menores de tres hectáreas (Adams, 1984). La baja fertilidad de suelo, enfermedades, plagas y estrés por sequía, representan las mayores restricciones en la producción de frijol.

En el pasado se argumentaba que el frijol común poseía una baja capacidad de fijación biológica de nitrógeno (FBN); posteriormente, se demostró que la habilidad del frijol para fijar N_2 es comparable con la de otras leguminosas (Graham y Rosas, 1977; Graham, 1981). La FBN en el frijol común provee una fuente importante de nitrógeno para mejorar los rendimientos a través del uso de variedades que tengan alta capacidad para fijar nitrógeno (Rosas y Bliss, 1986b). En la Escuela Agrícola Panamericana (El Zamorano, Honduras), se han obtenido líneas mejoradas con mayor capacidad de rendimiento en condiciones sin aplicación de fertilizantes nitrogenados a través de mejoramiento y selección (Rosas et al., 1989).

A pesar de tenerse resultados positivos obtenidos mediante el mejoramiento, se desconoce la base genética del incremento de la FBN en cuanto a la herencia de los caracteres asociados a este proceso simbiótico, y de la ganancia genética posible de obtenerse en poblaciones provenientes de cruzas con líneas de alta FBN. Así mismo, no se tienen datos sobre la habilidad combinatoria de genotipos identificados como de alta FBN y de los componentes de la herencia para caracteres de la FBN. Por habilidad combinatoria se entiende la habilidad de un genotipo, cuando entra en cruce, de transmitir su mérito genético a la mayoría de sus descendientes (Griffing, 1956).

Los objetivos de este trabajo fueron:

- 1.- Realizar estudios sobre la variabilidad genotípica de caracteres asociados a la FBN y al rendimiento en genotipos seleccionados de frijol común.
- 2.- Determinar el comportamiento de la descendencia (habilidad combinatoria) de cruzas de variedades comerciales y líneas mejoradas con líneas de alto potencial de FBN y rendimiento.

II. REVISION DE LITERATURA

El aumento en rendimiento de cultivares que poseen buenas características agronómicas y comerciales, puede ser logrado incorporando en ellos, mediante métodos de mejoramiento, las características de FBN procedentes de genotipos que poseen alta fijación de N_2 y una buena habilidad para transmitir dichas características a sus descendientes (Bliss, 1985; Rosas y Bliss, 1986a).

El frijol común anteriormente era considerado pobre en fijación de nitrógeno (Vincent, 1974). Resultados obtenidos posteriormente demostraron que los niveles de FBN en el frijol son tan altos como el de otras leguminosas (Graham y Halliday, 1977; Graham y Rosas, 1977). Vincent (1980), dice que la leguminosa hospedera es un factor importante y determinante en la persistencia de nódulos y por consiguiente en la duración de la FBN.

Las diferencias genotípicas de la cantidad de N_2 fijado y los caracteres específicos de la FBN pueden ser afectados directa o indirectamente por la planta (Rosas y Bliss, 1986b). Hardy y Havelka (1976), demostraron que la disponibilidad de los fotosintatos era un factor muy importante en la fijación de N_2 y que estaba relacionado a la planta. Dentro del mejoramiento de la habilidad de la soya para la FBN, se dice que la planta tiene una función regulatoria importante para dicho proceso, ya que la planta

puede regular el transporte de fotosintatos a los nódulos para que ocurra la fijación (Holl y LaRue, 1976a).

El mejoramiento de la FBN en cultivos de leguminosas, es uno de los métodos para poder lograr los objetivos de incremento de rendimiento (Barnes et al., 1978). Shwingamer (1977), concordaba en este aspecto y decía que el mejoramiento puede ser logrado por modificación genética de la planta o la bacteria simbiótica. Durante los últimos años se ha establecido que una de las mejores soluciones para el incremento de la FBN es mediante el mejoramiento de la planta hospedera (Rosas y Bliss, 1986a, 1986b).

El frijol común muestra una extensa variabilidad en la nodulación y FBN (Graham y Rosas, 1977; Ruschel et al., 1982). Esta variación estimula la posibilidad para el mejoramiento genético, indicándose que un incremento de la fijación tiene como resultado un aumento de rendimiento, reduciéndose la demanda del nitrógeno del suelo (Holl y LaRue, 1976b). La variación en el potencial de fijación del frijol común ha sido encontrada frecuentemente en asociación con ciertas características de las plantas, tales como floración tardía y hábito de crecimiento indeterminado de tipos rastreros o trepadores. Sin embargo, estos tipos de frijol por ser poco adaptados a ciertas condiciones y por preferencias de colores y tamaños de semilla no han sido usados directamente a pesar de tener alta fijación de N₂ (Graham y Halliday, 1977; Graham y Rosas, 1977).

Existe suficiente variabilidad genética en el germoplasma de frijol cultivado para poder incrementar la FBN mediante métodos de mejoramiento y selección. Muchos genotipos con mejor nodulación y FBN han sido seleccionados en la ausencia o baja cantidad de nitrato (Rennie y Kemp, 1981). La selección de plantas presenta buenos resultados en el mejoramiento de la FBN en alfalfa (Seetin y Barnes, 1977; Duhigg et al., 1978). Hobbs y Mahon (1982), realizaron un estudio con las progenies F₁ obtenidas de cruza de seis genotipos de arveja en todas las combinaciones posibles, además se incluyeron los padres, bajo un ambiente controlado; ellos concluyeron que la selección para el incremento de FBN puede ser efectivo en un programa de cruzamiento de plantas.

Las líneas seleccionadas de frijol por alto potencial de FBN, estimada mediante la reducción de acetileno, poseen tasas más altas de translocación de N total medido en la savia de plantas que se desarrollan en el campo (Thomas et al., 1984).

Según McFerson et al. (1982) y McFerson (1983), los caracteres de la planta que mantienen la fijación y rendimiento de semillas son heredables. Se dice que el método de retrocruza y autofecundación permite el mejoramiento de caracteres de baja heredabilidad como es la FBN. Las retrocruzas permiten la recuperación de caracteres que se desean mantener de los genotipos usados como padres

recurrentes, las autofecundaciones permiten alcanzar alta homocigocidad y obtener suficiente semilla para las selecciones posteriores. La obtención de líneas mejoradas con mayor capacidad de rendimiento ha sido posible a través de este método (Rosas et al., 1989).

Sullivan y Bliss (1983) y Bliss (1985), mostraron que este método de retrocruza y autofecundación ha sido efectivo en transferir caracteres cuantitativos, como proteína en la semilla y FBN en variedades agronómicamente aceptadas.

La variabilidad genética del germoplasma de frijol común, en cuanto a FBN por la simbiosis frijol-Rhizobium phaseoli, puede ser estimada usando métodos directos como es la técnica de isótopos de ^{15}N (Rennie y Kemp, 1983; Rushel et al., 1982; Westermann et al., 1981). Este método estima la cantidad y calidad de fijación de los diferentes genotipos involucrados, pero por el alto costo del ^{15}N su uso es limitado. También se pueden usar métodos indirectos tales como la medida de la masa de nódulos por medio del número y peso de nódulos, escala visual, reducción de acetileno, y la acumulación de materia seca (Rosas, 1983; McFerson, 1983). En ambos métodos es recomendable el uso de una leguminosa no fijadora usada como referencia.

En la identificación de padres superiores para caracteres de FBN y rendimiento se puede hacer uso de la habilidad combinatoria que está relacionada con la acción de los genes. Los genes con acción aditiva son los directamente

relacionados con la habilidad combinatoria general (HCG) y de mayor importancia en cultivos de autofecundación como el frijol (Falconer, 1986). Por HCG se entiende el comportamiento promedio de la progenie de una línea en combinación híbrida, cuando es cruzada con una base genética amplia. En cambio la habilidad combinatoria específica (HCE) es el comportamiento de ciertas combinaciones híbridas en relación al comportamiento promedio (HCG) de las líneas parentales (Griffing, 1956). Genes con acción dominante están mayormente relacionados con la HCE.

Resultados obtenidos en frijol indican que al existir una predominancia de la HCG los procesos de selección pueden ser efectivos para incrementar el rendimiento y sus componentes (Nienhuis y Singh, 1986). Pereira *et al.* (1986), encontraron a través de evaluaciones en frijol común que la acción de genes aditivos es importante en el número de nódulos ya que obtuvieron diferencias significativas para HCG y no significativa para HCE. Ellos sugirieron que la selección recurrente puede ser afectiva para incrementar el número de nódulos mediante el uso de genotipos fijadores que posean una buena HCG.

Leffel y Weiss (1958), condujeron un análisis dialélico entre 10 cultivares de soya encontrando efectos significativos en HCG para rendimiento/planta, madurez, altura y tamaño de semilla; para la HCE los efectos significativos fueron para madurez, altura y tamaño de

semilla. A pesar de que la HCE fue significativa, la HCG fue comparativamente mucho mayor. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Weber et al. (1970).

En otros experimentos con soya se han establecido diferencias significativamente mayores de las descendencias de cruza sobre sus progenitores para los caracteres de rendimiento y componentes de rendimiento, volviendo a tener mayor significancia la HCG (Paschal y Wilcox, 1974). Ellos concluyeron que una marcada heterosis en la generación F_1 y la preponderancia de la varianza genética aditiva son factores positivos para el desarrollo efectivo de métodos de mejoramiento.

Corral (1983), en un estudio de la influencia de la competencia en la habilidad combinatoria en trigo, encontró que los efectos de los genes aditivos pueden ser transmitidos por los padres hacia sus descendencias, pero que la expresión de los genes aditivos es alterada por los niveles de competencia. Además, observó que la HCG fue significativa para varios caracteres, incluyendo rendimiento del grano. La HCE fue significativa también, pero en menor grado que la HCG.

La identificación de progenitores superiores para FBN y rendimiento es importante porque constituyen la base para el incremento de la FBN de la planta hospedera, mediante el uso de métodos adecuados. El método líneal de retrocruza y autofecundación ha probado ser muy eficiente en la

recombinación de altos niveles de fijación con otros caracteres agronómicos y comerciales, aplicándose para desarrollar cultivares de frijol que sean aceptados por los agricultores y consumidores (Rosas y Blías, 1986c).

III. MATERIALES Y METODOS

Se realizaron dos experimentos en las terrazas del Departamento de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), situada en el Valle del Río Yeguaré, a 14°00' latitud norte y 87°02' longitud oeste, a una altitud de 805 msnm y con una temperatura promedio anual de 22°C.

Experimento 1

Fue conducido en la época de primera en la Terraza 7 de Agronomía, sembrándose el 10 de Junio y cosechándose entre el 22 y 27 de Agosto de 1988. Este rango de cosecha fue debido a la diferencia en madurez que presentaron los diferentes genotipos de frijol utilizados. Durante este período se registraron 530.7 mm de precipitación. En el Cuadro 1 se muestran los detalles del análisis de suelos respectivo.

En este experimento se realizaron las siguientes prácticas de fertilización, inmediatamente antes de la siembra: cal agrícola (CaCO_3), 1000 kg/ha, aplicándose al fondo del surco a razón de 180 g/surco, superfosfato triple, 300 kg/ha, aplicado al fondo del surco a razón de 54 g/surco, molibdeno aplicado a la semilla usando un sistema de fungicida-molibdeno (Protreat TM) de Nitragin Company, Inc., Milwaukee, Wisconsin. Todas las parcelas fueron inoculadas con inoculante granulado aplicado a oorro corrido y al fondo del surco de siembra. Dicho inoculante

Cuadro 1. Resultado del análisis de suelo de la Terraza 7 de Agronomía, Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988.

Textura	Franco arenoso
pH	6.2
Materia orgánica (%)	1.62
Nitrógeno (%)	0.13
Fósforo (ppm)	14.00
Potasio (ppm)	289.00
Calcio (ppm)	1000.00
Magnesio (ppm)	115.00
Azufre (ppm)	3.13
Hierro (ppm)	122.00
Cobre (ppm)	3.00
Manganeso (ppm)	16.00
Zinc (ppm)	2.00
Boro (ppm)	0.20

fue producido con una mezcla de dos cepas de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli (CIAT 899 y TAL 182) preparados en el Laboratorio de Microbiología de Suelos de la EAP.

Los tratamientos considerados en este experimento fueron los ocho progenitores utilizados en el programa de mejoramiento de la FBN del Proyecto BOSTID/EAP, actualmente en marcha. En el Cuadro 2, se muestra en detalle algunas de las características de estos progenitores. Además, se sembraron parcelas con isolíneas noduladora y no noduladora de soya, Glycine max (L.) Merrill, variedad 'Clark' como cultivo de referencia para estimar la contribución del nitrógeno proveniente del suelo. En este caso, la soya fue inoculada con la cepa Tal 102 de Bradyrhizobium japonicum producido en el Laboratorio de Microbiología de Suelos de la EAP.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar (BCA), con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. El tamaño de la parcela fue de 7.2 m², conformada por cuatro surcos distanciados a 0.6 m con una longitud de 3 m. La parcela útil fue de 2 m de largo por 1.2 m (dos surcos de ancho).

La siembra se realizó con posturas de dos semillas distanciadas a 10 cm, con el propósito de asegurar una población uniforme. A los 15 días después de la siembra

Cuadro 2. Características de los genotipos de frijol utilizados en el Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988.

Línea	Hábito de crecimiento	Tipo de grano	Madurez	Observación
Rab 201	2	RPB	Intermedio	Alta
Rab 205	2	RPB	Precoz	Adaptación
Desarrural 1R	3	RMB	"	Agronómica
Cuarenteño CB	3	RPB	"	
Puebla 152	3	NPB	Tardío	
UW 22-34	3	NPO	"	Alta
Riz 29	3	CPO	"	FBN
Riz 36	2	NPO	"	

Hábito de crecimiento (2=indeterminado, erecto; 3=indeterminado, postrado).

Tipo de grano (R=rojo, N=negro, C=crema, P=pequeño, M=mediano, B=brillante, O=opaco).

(DDS) se procedió a un raleo dejando una planta por postura, obteniéndose una población de 166,666 plantas por hectárea.

Las observaciones efectuadas incluyeron datos de las etapas fenológicas de floración (R6), cuando el 50% de las plantas en la parcela presentaron la primera vaina con la corola de la flor colgada o desprendida; la etapa de llenado de vainas (R8) y la etapa de madurez fisiológica (R9), cuando el 90% de las vainas estaban secas. Los días a floración y a madurez fisiológica fueron reportados en DDS.

En la etapa R6, se determinó la nodulación de las plantas en los diferentes tratamientos, a través de las variables número y peso seco de nódulos. Para esto, se extrajo el sistema radicular de 10 plantas por parcela. El número de nódulos se determinó después de lavar las raíces y secarlas al medio ambiente. El peso seco de los nódulos se estimó después de haberlos secado a 70°C por 48 horas. En la R6, también se tomó el peso seco del follaje y de las raíces de las mismas 10 plantas después de haberlas secado por 48 horas al sol y 72 horas a 70°C en un horno.

En la etapa R8, se procedió a tomar una muestra de cinco plantas por parcela, a las cuales se les cortó el follaje para determinar su peso seco (secadas por 72 horas a 70°C en un horno) y el nitrógeno total mediante la prueba de Kjeldhal en el Laboratorio de Suelos-EAP.

En la etapa R9, se obtuvieron los datos de rendimiento por parcela y de los componentes de rendimiento (número de

vainas por planta, número de semillas por vaina y peso seco de 100 semillas). El rendimiento de semilla por parcela fue medido en g/parcela útil (20 plantas), luego se ajustó a kg/ha al 14% de humedad. Los componentes de rendimiento fueron determinados en muestras de 20 plantas por parcela.

Durante el ciclo del cultivo se realizaron las prácticas culturales y los controles fitosanitarios necesarios. Para la preparación del terreno se efectuó una arada y dos pases de rastra, incorporándose a la vez el herbicida Prowl 50 PM (pendimethalin) en una dosis de 1.5 kg i.a./ha. Las deshierbas manuales con azadón se ejecutaron hasta que el cultivo alcanzó la cobertura necesaria. Con relación a enfermedades, se registraron ataques de bacteriosis (Xanthomonas phaseoli) que se combatieron con Kocide 101 (hidróxido cúprico). Aparecieron algunas plantas con síntomas de virus que fueron eliminadas inmediatamente. También se hicieron aplicaciones preventivas con Benlate (benomyl) y Manzate 200 (mancozeb) contra enfermedades como mancha angular (Isariopsis griseola) y roya (Uromyces phaseoli).

Los insectos que causaron problemas fueron chupadores de la familia Cicadellidae, principalmente Empoasca kraemerii, de la familia Aleyrodidae Bemisia tabaci, y algunos coleópteros de la familia Chrysomelidae, entre ellos Diabrotica spp. y Cerotoma spp. Estos insectos fueron controlados con aplicaciones alternadas de los productos

Lannate (methomyl), MTD-600 (metamidofos) y Arrivo 500 (cipermetrina). En el Cuadro 3 se presenta en detalle las fechas, dosis y productos utilizados para el control de enfermedades e insectos.

Experimento 2

Se sembró el 15 de Noviembre de 1988 en la Terraza 3 de Agronomía, la cosecha se realizó entre el 25 de Enero y el 6 de Febrero de 1989, a medida que cada tratamiento alcanzaba la etapa R8. Durante este período se aplicaron los riegos necesarios para mantener el cultivo en óptimas condiciones. En el Cuadro 4 se encuentra el respectivo análisis de suelo.

Previo a la siembra del experimento se realizaron dos siembras de otros cultivos. El primero fue sorgo de la variedad 'Isiap Dorado', que se sembró el 28 de Junio de 1988 a una alta densidad, con el propósito de extraer la máxima cantidad de nitrógeno del suelo. Este sorgo se retiró del lote experimental el 15 de Agosto de 1988, durante todo ese tiempo se realizaron prácticas de manejo (deshierbas, aplicaciones de insecticidas, etc.) con el propósito de mantener condiciones óptimas de desarrollo del cultivo.

El segundo cultivo fue maíz de la variedad 'HE-104' que se sembró el 17 de Agosto de 1988, aplicándose a este cultivo superfosfato triple, 300 kg/ha, a la siembra. Este cultivo fue realmente el que sirvió de base para la incorporación del ^{15}N al suelo, lo cual se hizo aplicando 13.5 kg/ha de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, que contiene 14.8% de ^{15}N . Estas

Cuadro 3. Detalle de los controles fitosanitarios en el Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988.

Fecha	Producto	Dosis	Control
10-6-88	Furadan 10G	10 kg/ha	Cortadores
28-8-88	Arrivo 500	0.6 l/ha	Coleópteros
7-7-88	Lannate	0.25 kg/ha	Coleópteros
	Benlate	0.5 kg/ha	Preventivo
15-7-88	MTD-600	1.5 l/ha	Chupadores
	Benlate	0.5 kg/ha	Preventivo
16-7-88	Kocide 101	1.75 kg/ha	Bacteriosis
25-7-88	MTD-600	1.5 l/ha	Chupadores
4-8-88	MTD-600	1.5 l/ha	Chupadores
	Kocide 101	1.75 kg/ha	Bacteriosis
11-8-88	Arrivo 500	0.6 l/ha	Chupadores
	Manzate 200	3 kg/ha	Roya
12-8-88	Kocide 101	1.75 kg/ha	Bacteriosis

Cuadro 4. Resultado del análisis de suelo de la Terraza 3 de Agronomía, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1988.

Textura	Franco arenoso
pH	5.9
Materia orgánica (%)	1.05
Nitrógeno (%)	0.13
Fósforo (ppm)	24.80
Potasio (ppm)	304.20
Calcio (ppm)	1000.00
Magnesio (ppm)	225.00
Azufre (ppm)	4.50
Hierro (ppm)	100.00
Cobre (ppm)	2.00
Manganeso (ppm)	14.00
Zinc (ppm)	3.00
Boro (ppm)	0.30

aplicaciones fueron en banda, abriéndose pequeños surcos que se tapaban inmediatamente después de la aplicación. Para evitar posibles pérdidas del nitrógeno, siempre se aplicó cuando el terreno tenía cierto grado de humedad. Las aplicaciones fueron realizadas en cinco fechas como siguen: 21 de Septiembre, 2 de Octubre, 5 de Octubre, 8 de Octubre y 12 de Octubre en concentraciones cada vez mayores y de acuerdo con el crecimiento del cultivo. El 31 de Octubre se picó el maíz con una picadora de forraje, distribuyéndose el material inmediatamente en forma uniforme, sobre toda la superficie del experimento. Luego se pasó una rastra liviana para su incorporación. A este cultivo también se le realizaron prácticas de manejo (deshierbas, aplicaciones de insecticidas, etc.) con el propósito de lograr un crecimiento óptimo del maíz.

El experimento comenzó con la preparación del terreno que consistió en una arada, dos pasos de rastra y la surcada. Con el último pase de rastra se incorporó cal agrícola (CaCO_3), 1000 kg/ha, super fosfato triple, 300 kg/ha al voleo, molibdato de sodio, 0.5 kg/ha; Brasicol (PCNB), 10 kg/ha, y el herbicida Dual (metolachlor), 1.5 L/ha. También se aplicó Carbofurán (furadán) a razón de 10 kg/ha, al momento de la siembra.

Todas las parcelas fueron inoculadas con inoculante granulado aplicado a ochorro corrido y al fondo del surco de siembra. El inoculante consistió de una mezcla de tres cepas

de Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli (CIAT 899, TAL 182 y Kim 5) preparado en el Laboratorio de Microbiología de Suelos de la EAP.

Los tratamientos en este experimento consistieron de 16 poblaciones F_1 provenientes de las cruces entre los ocho progenitores usados en el Proyecto BOSTID/EAP. En el Cuadro 5 aparece la descripción de las 16 poblaciones F_1 , que se obtuvieron en el año 1987 en el invernadero del Departamento de Agronomía. Además se sembraron parcelas con isolíneas noduladora y no noduladora de soya de la variedad 'Clark', como cultivo referencia para estimar la contribución del nitrógeno proveniente del suelo.

El diseño experimental utilizado fue el de BCA con 16 tratamientos y cinco repeticiones. El tamaño de la parcela fue de 0.6 m², y consistió de un surco de 1 m de largo y 0.6 m de ancho, cada bloque estuvo rodeado de soya no-noduladora que sirvió, además de cultivo referencia, como borde para cada parcela. En la Figura 1, aparece la distribución de las parcelas de este ensayo en el campo.

La siembra se realizó en posturas de una semilla distanciadas a 10 cm, obteniéndose una población de 166,666 plantas por hectárea.

Las observaciones efectuadas se realizaron en la etapa R8, en un período cuando las vainas alcanzaban su máximo llenado de grano pero antes de que empezaran a caer las hojas. Las muestras estuvieron constituidas de 5 plantas por

Cuadro 5. Obtención de 16 poblaciones F₁ provenientes del cruzamiento entre ocho progenitores de frijol común utilizados en el Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1988².

Adaptación agronómica y calidad de grano	Alta FBN/Rendimiento			
	Puebla 152	UW 22-34	Riz 29	Riz 36
RAB 201	X	X	X	X
RAB 205	X	X	X	X
Desarrural 1R	X	X	X	X
Cuarenteño C.B.	X	X	X	X

² Según Diseño II, Modelo 1, de Comstock y Robinson (1949).
X : Población F₁ obtenida de la cruce respectiva.

parcela, las que se separaron en hojas, tallos, vainas y semillas para luego secarlas en un horno a 60°C por 48 horas. Posteriormente, las muestras fueron pesadas y molidas por separado para luego hacer una mezcla proporcional al peso de cada parte. Por motivo de tiempo los resultados de análisis para determinar el contenido de ^{15}N en las muestras no se reportan en este trabajo; las muestras han sido remitidas al exterior para el análisis respectivo. Los datos registrados en la EAP, peso seco de follaje (tallos, hojas, vainas y semillas) y N total del follaje mediante la prueba de Kjeldhal, sí se reportan en este trabajo.

Las prácticas culturales y fitosanitarias realizadas en el experimento fueron muy similares al primer experimento.

La única enfermedad que causó problemas en este experimento fue provocada por el virus del mosaico dorado. Para controlar la diseminación de la enfermedad se eliminaron las plantas con síntomas y se realizaron aplicaciones programadas contra mosca blanca (Bemisia tabaci), vector de dicho virus. Se hicieron aplicaciones preventivas de Benlate contra otras enfermedades. El control de insectos se realizó con Lannate y MTD-600. Durante el estado de plántula se presentó un ataque de babosa (Saragínula plebeia Fischer) el cual se controló con cebos a base de Metason (metaldehído), colocando posturas en cada surco y a un metro de separación. En el Cuadro 6 se muestran las diferentes prácticas fitosanitarias realizadas.

Cuadro 6. Detalle de los controles fitosanitarios aplicados en el Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1988-1989.

Fecha	Producto	Dosis	Control
15-11-88	Furadan 10G	10 kg/ha	Preventivo
25-11-88	Metason	2 onz/10 lb	Babosa
29-11-88	Metason	2 onz/10 lb	Babosa
30-11-88	MTD-600	1.5 l/ha	Chupadores ²
6-12-88	Lannate	0.25 kg/ha	Chupadores
12-12-88	MTD-600	1.5 l/ha	Chupadores
	Benlate	0.5 kg/ha	Preventivo
16-12-88	MTD-600	1.5 l/ha	Chupadores
22-12-88	MTD-600	1.5 l/ha	Chupadores
	Benlate	0.5 kg/ha	Preventivo
30-12-88	MTD-600	1.5 l/ha	Chupadores
10-1-89	MTD-600	1.5 l/ha	Chupadores

² Principalmente Bemisia tabaci, transmisor del Virus del Mosaico Dorado.

¹ 2 onzas/10 libras de cebo a preparar.

La estimación de la habilidad combinatoria fue hecha según el Diseño II, Modelo I, de Comstock y Robinson (1948).

Para el análisis estadístico y la redacción de este trabajo se utilizó una microcomputadora IBM PSII Modelo 30; usándose el programa MSTAT versión 4.00, y la prueba Duncan al 5% para el análisis de varianza y la separación de medias. El procesador de palabras usado fue WordPerfect versión 4.2.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1

Los genotipos evaluados en este experimento presentaron diferencias altamente significativas ($P < .01$) en lo que respecta a floración y madurez fisiológica. En general, se pudo observar que los progenitores con características deseables de FBN poseen un período vegetativo mayor que los progenitores comerciales, excepto 'RAB 201', que posee un período igual o superior a algunos genotipos de alta FBN (Cuadro 7). Esto está de acuerdo con lo señalado por Graham y Halliday (1977), McFerson (1983) y Rosas (1983), quienes establecieron que las plantas que muestran la más alta FBN son aquellas con floración y madurez tardías. Esta marcada diferencia es de gran importancia principalmente si se siembra durante la época de primera, ya que las lluvias de postrera pueden afectar los rendimientos si el cultivo no es cosechado a tiempo, o en la época de postrera donde el período de distribución de lluvias es relativamente corto.

En las evaluaciones realizadas en la etapa R6 (floración) existió una diferencia en las variables número de nódulos (NN) y peso seco raíz (PSR), pero no así en peso seco de nódulos (PSN) y de follaje (PSF) (Cuadro 8). El NN presentó una diferencia relativa entre los diferentes genotipos resultando los cultivares 'Puebla 152', 'Desarrural 1R' y 'Cuarenteño CB' con el mayor NN. En PSN y PSF existió una mínima variación pero no lo suficiente como para que

Cuadro 7. Diferencias de promedios en las variables días a floración y días a madurez fisiológica, Experimento 1. El Zamorano, Honduras 1988.

Genotipo	Días	
	Floración	Mad. fisiológica
RAB 201	38.0	74.0
RAB 205	36.0	69.0
Des. 1R	32.5	66.0
40ño CB	32.8	66.0
Puebla 152	40.0	72.0
UW 22-34	38.0	68.0
RIZ 29	39.0	74.5
RIZ 36	40.0	74.0
Anova	**	**
DMS 5%	0.57	2.54
CV (%)	1.1	2.5

** Significativo al $P < 0.01$

Abreviaciones: Desarrural 1R (Des.1R), Cuarenteño CB (40ño CB).

Cuadro 8. Diferencias de promedios en las variables número y peso seco de nódulos, follaje y raíces en la etapa R6, Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988^z.

Genotipo	Número nódulos ^y	Peso Seco		
		Nódulos (mg) ^x	Raíz (g)	Follaje (g)
RAB 201	1.3	1.2	1.2	11.1
RAB 205	1.5	1.6	0.9	9.0
Desarrural 1R	1.7	1.6	0.7	9.9
Cuarenteño CE	1.7	1.6	0.6	8.2
Puebla 152	1.7	1.7	0.8	10.4
UW 22-34	1.3	1.2	1.1	10.7
RIZ 29	1.5	1.3	1.4	11.4
RIZ 36	1.1	0.9	1.2	10.6
Anova	*	ns	**	ns
DMS 5%	0.35		0.23	
C.V. (%)	15.9	28.8	16.0	22.3

^z Datos promedios por planta, de una muestra de 10 plantas.

^y Datos transformados usando la fórmula $\log X$, donde X= número de nódulos por planta.

^x Datos transformados usando la fórmula $\log X$, donde X=peso seco de nódulos (mg/planta).

*, **, ** Significativo al $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$, y no significativo, respectivamente.

existiera una diferencia significativa. Es posible que el PSN esté relacionado hasta cierto punto con el PSF, ya que de ello depende el abastecimiento de fotosintatos hacia los nódulos, según lo establecen Holl y LaRue (1976a).

En el muestreo realizado durante el llenado de vainas (etapa R8 de desarrollo), ninguno de los genotipos evaluados tuvo una respuesta significativamente diferente para las variables peso seco de follaje (R8) y N total (Cuadro 9).

En el Cuadro 10, se presenta en detalle los resultados de los promedios de rendimiento y sus componentes obtenidos a la madurez fisiológica (etapa R9). Los resultados para rendimiento no presentaron diferencias significativas. Los componentes de rendimiento sí presentaron diferencias significativas. En el caso del número de vainas por planta (NVP) y peso seco de cien semillas (PSCS), se obtuvieron diferencias altamente significativas ($P < .01$) entre genotipos. En lo que respecta a número de semillas por vaina (NSV), también se presentaron diferencias significativas ($P < .05$). En el Cuadro 10, se puede observar una compensación en los valores de NVP, NSV y PSCS entre los diferentes genotipos. Tal es el caso de 'Desarrural 1R' que presentó valores bajos para NVP y NSV pero que debido al tamaño de su semilla presentó el mayor PSCS. Es por eso que a la final los rendimientos de los diferentes genotipos fueron muy similares. Los rendimientos, bajo las condiciones del experimento, se consideran satisfactorios ya que fueron

Cuadro 9. Diferencia de promedios de peso seco de follaje y nitrógeno total en la etapa R8, Experimento 1. El Zamorano, Honduras 1988*.

Genotipo	Peso seco follaje (g/planta)	N Total (g/planta)
RAB 201	20.6	34.7
RAB 205	20.3	24.9
Desarrural 1R	26.8	31.2
40ño CB	21.9	34.8
Puebla 152	20.3	35.7
UW 22-34	23.2	30.8
RIZ 29	23.6	24.7
RIZ 36	23.2	38.2
Anova	ns	ns
CV (%)	23.8	35.0

* Muestra de 5 plantas.

** No significativo.

Cuadro 10. Promedios de rendimiento y componentes de rendimiento en el Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988².

Genotipo	Rendimiento ¹ kg/ha	Componentes de Rendimiento		
		NVP	NSV	PSCS (g)
RAB 201	2054	15.7	5.8	19.4
RAB 205	2106	11.9	4.8	27.7
Desarrural 1R	2246	10.6	5.3	28.3
40ño CB	2403	14.9	6.0	21.4
Puebla 152	2013	13.2	5.4	24.5
UW 22-34	1944	14.3	6.9	19.5
RIZ 29	2431	16.2	6.0	20.1
RIZ 36	2005	18.5	6.6	17.9
Anova	ns	**	*	**
DMS 5%		2.86	1.08	1.67
C.V. (%)	19.9	13.5	12.6	5.0

¹ Datos promedios por planta de una muestra de 20 plantas en la etapa R9.

² Datos de plantas cosechadas en 1.2 m²

Abreviaciones: Número de vaina por planta (NVP), número de semillas por vaina (NSV), peso seco de 100 semillas (PSCS).

*, **, *** Significativos al $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y no significativo, respectivamente.

obtenidos con inoculación solamente (no se aplicó N en forma de fertilizante).

El resultado de una comparación realizada entre los cuatro genotipos comerciales y los cuatro de alta FBN se pueden apreciar en el Cuadro 11. Únicamente aparecen las variables significativas al $P < 0.5$ (*) y al $P < 0.01$ (**). En la etapa R6 se puede observar una diferencia altamente significativa en el PSR favorable a los genotipos de alta FBN. En la etapa R9 nuevamente existió diferencias altamente significativas para NVP, NSV y PSCS, favorables a los genotipos fijadores. Esta comparación entre padres comerciales y de alta FBN establece que estas últimas poseen un buen potencial en los componentes de rendimiento, factores que pueden ser recombinados genéticamente para intentar incrementar el rendimiento.

Cuadro 11. Resultado de comparaciones realizadas entre tipos comerciales y de alta FBN utilizados en el Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988^z.

Genotipos	Etapa R6	Etapa R9		
	PSR (g/pl)	NVP	NSV	PSCS
Comerciales	0.8	13.3	5.5	24.2
Alta FBN	1.1	15.6	6.2	20.5
Valor F	24.9**	11.6**	8.02**	85.64**
CV (%)	16.0	13.5	12.6	5.0

^z Solamente se incluyen las variables significativas al $P \leq 0.05$ (*) y al $P \leq 0.01$ (**).

Abreviaciones: Peso seco de raíz (PSR), Número vainas por planta (NVP), Número semilla por vaina (NSV), peso seco de 100 semillas (PSCS).

Experimento 2

No se detectó diferencia alguna ni en la habilidad combinatoria general (HCG) ni en la habilidad combinatoria específica (HCE) con relación al peso seco de follaje (PSF) y contenido de N total a la etapa de llenado de grano (R8), como se indica en los resultados de los análisis de varianza respectivos (Cuadros 12 y 13).

En el Cuadro 14 se muestran los promedios del PSF y N total de los padres comerciales y de alta FBN; no hubo diferencias significativas. En el Cuadro 15 aparecen los promedios de PSF y N total de las poblaciones F_1 de las 16 cruzas; no existieron diferencias significativas.

A pesar de la falta de significación estadística se observó que los progenitores 'Desarrural 1R', 'RIZ 29' y 'RIZ 36' poseen los valores más altos así como la mayoría de las cruzas donde ellos intervienen.

En el Cuadro 16, aparece el análisis de varianza para índice de cosecha (IC), el cual nos indica que existe una diferencia altamente significativa ($P \leq .01$) en la HCG de los progenitores comerciales y de los de alta FBN para esta variable. También la HCE mostró una diferencia altamente significativa ($P \leq .01$).

Los promedios y efectos de la HCG para el índice de cosecha de los 8 progenitores involucrados en la obtención de las 16 cruzas se muestran en el Cuadro 17. Entre los progenitores comerciales solamente 'Desarrural 1R' mostró

Cuadro 12. Análisis de varianza¹ para peso seco de follaje por planta en la etapa R8 (llenado de grano) de las poblaciones F₁ provenientes de las cruzas de ocho progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Valor F
Repeticiones	4	0.11 ns
HCG (PC)	3	0.62 ns
HCG (PF)	3	1.06 ns
HCE	9	1.20 ns
Error	60	

CV = 34.7 %

¹ Comstock y Robinson (1949).

HCG= Habilidad combinatoria general; HCE= habilidad combinatoria específica.

PC = Padres comerciales PF = Padres con alta FBN

ns = No significativo.

Cuadro 13. Análisis de varianza¹ para el contenido de nitrógeno total de las poblaciones F₁ provenientes de las cruzas entre ocho progenitores de frijol común en la etapa R8 (llenado de grano), Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.²

Fuente de variación	Grados de libertad	Valor F
Repeticiones	4	4.16 *
HCG (PC)	3	2.00 ns
HCG (PF)	3	0.55 ns
HCE	9	1.21 ns
Error	60	

CV = 22.2 %

² N total transformado, Log x, donde x= N total (mg/planta).

¹ Comstock y Robinson (1949).

HCG= Habilidad combinatoria general; HCE= Habilidad combinatoria específica.

PC= Padres comerciales PF= padres con alta FBN

*, ns = Significativo al P < 0.05 y no significativo.

Cuadro 14. Diferencia de promedios del peso seco de follaje y nitrógeno total en la etapa R8 (llenado de grano) de las poblaciones F₁ provenientes de la cruce de ocho progenitores de frijol común, Experimento 2, El Zamorano, Honduras, 1989.

Progenitores ^z	PSF (g/planta)	N total ^y
<u>Comerciales</u>		
RAB 201	29.4	1.6
RAB 205	30.2	1.6
Desarrural 1R	32.5	1.8
40ño CB	28.2	1.7
Anova	ns	ns
<u>Alta FBN</u>		
Puebla 152	28.3	1.7
UW 22-34	27.8	1.8
RIZ 29	31.7	1.7
RIZ 36	32.5	1.7
Anova	ns	ns
CV (%)	34.6	22.2

^z Indica los valores de cuatro poblaciones F₁ provenientes de las cruces entre cada progenitor comercial con los cuatro progenitores de alta fijación de nitrógeno y viceversa.

^y N total transformado, $\log x$, donde $x = N \text{ total (mg/planta)}$.
Abreviaciones: Peso seco de follaje (PSF), nitrógeno (N), fijación biológica de nitrógeno (FBN).

** No significativo.

Cuadro 15. Diferencias de promedios del peso seco de follaje y nitrógeno total en la etapa R8 (llenado de grano) de las poblaciones F₁ provenientes de 16 cruzas entre ocho progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.

Cruzas ^z	PSF (g/planta)	N total ^y
RAB 201 x Puebla 152	30.2	1.5
RAB 201 x UW 22-34	22.3	1.3
RAB 201 x RIZ 29	34.6	1.7
RAB 201 x RIZ 36	30.4	1.7
RAB 205 x Puebla 152	34.2	1.9
RAB 205 x UW 22-34	32.6	1.4
RAB 205 x RIZ 29	27.5	1.8
RAB 205 x RIZ 36	26.6	1.5
Des. 1R x Puebla 152	26.7	1.8
Des. 1R x UW 22-34	28.1	1.8
Des. 1R x RIZ 29	36.5	1.9
Des. 1R x RIZ 36	38.8	1.8
40ño CB x Puebla 152	22.1	1.7
40ño CB x UW 22-34	28.1	1.7
40ño CB x RIZ 29	28.3	1.4
40ño CB x RIZ 36	34.2	1.8
Anova	ns	ns
CV (%)	34.6	22.2

^z Según Diseño II, Modelo 1, de Comstock y Robinson (1949).
^y N total transformado, $\log x$, donde $x = N$ total (mg/planta).
 Abreviaciones: Desarrural 1R (Des.1R), Cuarenteño CB (40ño CB), peso seco de follaje (PSF), nitrógeno (N).

** No significativo.

Cuadro 16. Análisis de varianza¹ para el índice de cosecha en la etapa R8 (llenado de grano) de poblaciones F₁ provenientes de las cruzas de ocho progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.

Fuente de variación	Grados de libertad	Valor F
Repeticiones	4	1.98 ns
HCG (PC)	3	6.40 **
HCG (PF)	3	18.90 **
HCE	9	4.21 **
Error	60	

CV = 14.1 %

¹ Comstock y Robinson (1949).

HCG= Habilidad combinatoria general; HCE= Habilidad combinatoria específica.

PC= Padres comerciales PF= Padres con alta FBN.

**, ** Significativo al P < 0.01 y no significativo.

Cuadro 17. Valores promedios y de habilidad combinatoria general (HCG) para índice de cosecha (IC) de poblaciones F₁ provenientes de las cruzas de 8 progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.²

Progenitores	Promedios IC (%)	Efecto de HCG ³
<u>Comerciales</u>		
Desarrural IR	40.5	+ 4.0
40ño CB	36.4	- 0.1
RAB 201	35.3	- 1.2
RAB 205	33.6	- 2.9
<u>Alta FBN</u>		
RIZ 29	42.1	+ 5.6
RIZ 36	39.3	+ 2.8
UW 22-34	32.5	- 4.0
Puebla 152	32.0	- 4.5

² Indica los valores promedios de cuatro poblaciones F₁ provenientes de las cruzas entre cada progenitor comercial con los cuatro progenitores de alta fijación de nitrógeno y viceversa.

³ Efectos calculados en base a la fórmula:

g₁ = x_{1.} - x_. para padres comerciales.

g₂ = x_{2.} - x_. para padres de alta FBN.

una alta HCG comparado con el resto de los progenitores comerciales que poseen una baja HCG. En los progenitores con alta FBN se observó una buena HCG en 'RIZ 29' y 'RIZ 36', siendo mejor el primero.

Las diferencias de promedios y los efectos de la HCE para IC de las cruzas F_1 aparecen en detalle en el Cuadro 18. Se puede observar que de las poblaciones F_1 de las 16 cruzas solamente siete cruzas poseen un efecto de HCE positivo en la variable índice de cosecha; siendo las cruzas donde intervienen 'RIZ 29' y 'RIZ 36' las que poseen mayor HCE y específicamente la craza Desarrural 1R x RIZ 29 que tuvo el mayor efecto (+25.6).

Para la variable peso seco de semilla por planta (PSS), se puede observar según el análisis de varianza (Cuadro 19) que existen diferencias altamente significativas ($P < .01$) de la HCG de los progenitores de alta FBN y significativa ($P < .05$) para la HCG de los progenitores comerciales. La HCE tuvo también un nivel significativo pero menor, en comparación con la HCG.

Los efectos obtenidos y los promedios de PSS de los ocho progenitores involucrados se detallan en el Cuadro 20. Nuevamente el progenitor 'Desarrural 1R' tuvo una HCG superior a los demás padres comerciales cuyos efectos fueron negativos. En los efectos de los progenitores de alta FBN se obtuvo una alta HCG para 'RIZ 29' y 'RIZ 36', siendo nuevamente superior el primero.

Cuadro 18. Valores promedios y de habilidad combinatoria específica (HCE) para índice de cosecha (IC) de 16 poblaciones F₁ provenientes de las cruzas de ocho progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.^z

Cruzas ^y	Promedio IC (%)	Efecto de HCE ^x
Des. 1R x RIZ 29	51.7	+25.6
Des. 1R x RIZ 36	45.9	+15.4
RAB 201 x RIZ 29	41.5	+ 7.8
RAB 201 x RIZ 36	40.5	+ 7.2
RAB 205 x RIZ 29	39.1	+ 3.9
40ño CB x Puebla 152	38.7	+ 6.7
40ño CB x RIZ 36	37.5	+ 0.7
40ño CB x RIZ 29	35.9	- 3.9
RAB 205 x UW 22-34	33.9	- 1.8
40ño CB x UW 22-34	33.6	- 3.8
RAB 205 x RIZ 36	33.5	- 5.9
Des. 1R x UW 22-34	33.5	- 6.0
Des. 1R x Puebla 152	30.9	-10.9
RAB 201 x Puebla 152	30.4	- 9.4
RAB 201 x UW 22-34	28.9	-12.6
RAB 205 x Puebla 152	28.0	-13.3

^z Datos tomados en la etapa R8.

^y Comstock y Robinson (1949).

^x Efectos calculados en base a la fórmula:

$$S_{ij} = x_{ij} - (x_{i.} + x_{.j}) / 2 + (x_{i.} - x_{..})$$

Abreviaciones: Desarrural 1R (Des.1R), Cuarenteño CB (40ño CB).

Cuadro 19. Análisis de varianza¹ para peso seco de semilla en la etapa R8 (llenado de grano) de poblaciones F₁ provenientes de las cruzas de ocho progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.

Fuente de variación	Grados de libertad	Valor F
Repeticiones	4	0.30 ns
HCG (PC)	3	2.71 *
HCG (PF)	3	6.60 **
HCE	9	2.13 *
Error	60	

CV = 38.0 %

¹ Comstock y Robinson (1949).

HCG= Habilidad combinatoria general; HCE= Habilidad combinatoria específica.

PC= Padres comerciales PF= padres con alta FBN.

*, **, ** Significativo a $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y no significativo.

Cuadro 20. Valores promedios y habilidad combinatoria general (HCG) del peso seco de semilla (PSS) de poblaciones F₁ provenientes de las cruzas de ocho progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.

Progenitores ^z	Promedios PSS (g/planta)	Efecto de HCG ^y
<u>Comerciales</u>		
Desarrural 1R	13.6	+ 2.4
RAB 201	10.9	- 0.3
RAB 205	10.4	- 0.8
40ño CB	10.1	- 1.1
<u>Alta FBN</u>		
RIZ 29	13.6	+ 2.4
RIZ 36	13.1	+ 1.9
UW 22-34	9.1	- 2.1
Puebla 152	9.1	- 2.1

^z Indica los valores promedios de cuatro poblaciones F₁ provenientes de las cruzas entre cada progenitor comercial con los cuatro progenitores de alta fijación de nitrógeno y viceversa.

^y Efectos calculados en base a la fórmula:

$g_i = x_{i.} - x_{..}$ para padres comerciales.

$g_j = x_{.j} - x_{..}$ para padres de alta FBN.

En el Cuadro 21 aparecen las diferencias de promedios y los efectos de la HCE para PSS (g/planta) de las 16 cruzas F_1 , obtenidos durante la etapa R8 de desarrollo. Estos efectos o desviaciones nos muestran claramente que existen seis cruzas F_1 con efectos positivos de HCE para PSS; las cruzas Desarrural 1R x RIZ 29 y Desarrural 1R x RIZ 36 son las que poseen la mayor HCE. En general se observa que las cruzas donde se involucran 'RIZ 29' y 'RIZ 36' son las que poseen mayor HCE con excepción de RAB 205 x RIZ 36, RAB 205 x RIZ 29 y Cuarenteño CB x RIZ 29 cuyas desviaciones son negativas. En las cruzas donde se involucra RAB 205, solamente cuando se cruzó con UW 22-34 se obtuvo un efecto positivo.

Entre los progenitores comerciales o de alta FBN que presentaron la mejor HCG está el cultivar 'Desarrural 1R', que posee una HCG positiva para IC y PSS. Este cultivar se puede utilizar como un padre probador para determinar en programas futuros cuáles líneas de alta FBN producirían las mejores recombinaciones al cruzarse con otros cultivares comerciales, es decir las de mayor valor en programas de mejoramiento. De igual forma se obtuvieron dos cultivares de alta FBN ('RIZ 29' y 'RIZ 36') con una HCG alta, pudiendo también ser usados como padres probadores para evaluar líneas con características comerciales que producirán las mejores recombinaciones al cruzarse con padres de alta FBN.

Cuadro 21. Valores promedios y de habilidad combinatoria específica (HCE) para peso seco de semilla (PSS) de 16 poblaciones F₁ provenientes de las cruzas de ocho progenitores de frijol común, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1989.*

Cruzas [†]	Promedio PSS (g/planta)	Efecto de HCE [‡]
Des. 1R x RIZ 29	18.8	+12.8
Des. 1R x RIZ 36	17.9	+11.3
RAB 201 x RIZ 29	14.6	+ 5.8
40ño CB x RIZ 36	12.9	+ 3.0
RAB 201 x RIZ 36	12.3	+ 1.4
RAB 205 x UW 22-34	11.4	+ 1.9
RAB 205 x RIZ 29	10.9	- 1.4
RAB 201 x Puebla 152	10.0	- 1.2
40ño CB x RIZ 29	9.9	- 3.3
RAB 205 x Puebla 152	9.8	- 1.4
RAB 205 x RIZ 36	9.4	- 4.2
Des. 1R x UW 22-34	9.3	- 3.9
40ño CB x UW 22-34	9.2	- 2.4
40ño CB x Puebla 152	8.4	- 4.0
Des. 1R x Puebla 152	8.2	- 6.2
RAB 201 x UW 22-34	6.6	- 8.0

* Datos tomados en la etapa R8.

† Comstock y Robinson (1949).

‡ Efectos calculados en base a la fórmula:

$$S_{ij} = x_{ij} - (x_{i.} + x_{.j}) / 2 + (x_{ij} - x_{i.})$$

Abreviaciones: Desarrural 1R (Des.1R), Cuarenteño CB (40ño CB).

Con base a los resultados obtenidos se puede decir que sí existen progenitores con características de alta FBN y rendimiento y que sus características pueden ser transmitidas a sus descendencias, concordando con lo establecido por McFerson et al. (1982) y McFerson (1983) y contradiciendo nuevamente lo establecido por Vincent (1974) sobre el bajo potencial de la FBN en frijol.

En estos ensayos de habilidad combinatoria resultó que 'Puebla 152' y 'UW 22-34' no poseen una buena HCG para IC y PSS a pesar de que en el Experimento 1, Puebla 152 fue el que tenía el mayor NN. Resultados similares sobre sus buenas características de nodulación han sido obtenidos en otros estudios por Pereira et al. (1986). Esto nos indica que no necesariamente una línea o variedad con buenas características de nodulación tendrá la habilidad (HCG) para transmitirla a sus descendientes en una cruce. Se demostró que en el caso de frijol se puede encontrar padrea superiores para facilitar la recombinación de caracteres de FBN y rendimiento, tales como 'Desarrural IR', 'RIZ 29' y 'RIZ 36'. Se puede decir que estos tres genotipos poseen la habilidad de transmitir a sus descendencias genes que determinan una mejor distribución de la materia seca acumulada (IC) y una mayor capacidad de rendimiento.

La HCG para PSS (rendimiento), fue altamente significativa para los padres de alta FBN y significativa para los padres comerciales; la HCB para PSS fue mucho

menor con respecto a la HCG. Resultados similares fueron obtenidos por Leffel y Weiss (1958) y Weber et al. (1970) en ensayos de soya. Así mismo, este resultado es parecido al encontrado por Corral (1983) en trigo.

Las cruzas Desarrural 1R x RIZ 29, Desarrural 1R x RIZ 36 y RAB 205 x UW 22-34 demostraron tener una buena HCE tanto para el IC como para el PSS, lo cual nos indica que en el caso específico de estas tres cruzas existe una buena recombinación de sus caracteres de FBN y rendimiento.

Finalmente se puede decir que a través de la HCG, se puede identificar aquellos padres con alta habilidad para transmitir sus características de FBN y rendimiento a sus descendencias, como ha sido reportado por Rosas et al. (1987), y que estos pueden ser usados para producir líneas que recombinan un mayor potencial de FBN y rendimiento con un alto grado de aceptación por los agricultores y consumidores.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos en los dos experimentos realizados se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La variabilidad genotípica existente en los ocho progenitores utilizados y la HCG significativa indican que la selección de progenitores comerciales y de alto potencial de FBN y rendimiento puede ser efectiva para incrementar el rendimiento actual, a través de programas de mejoramiento.
2. Debido a que la HCG fue altamente significativa, se concluye que la acción de genes aditivos es importante para índice de cosecha (IC) y rendimiento de grano (RG). La HCE fue significativa, pero inferior a HCG, para estos caracteres indicando que puede ser importante para algunas cruzas específicas.
3. Los progenitores con mayor HCG para IC y RG fueron 'Desarrural 1R' (comercial), 'RIZ 29' y 'RIZ 36' (de alta FBN), y serían los recomendados para cruzas posteriores con otras fuentes de germoplasma.
4. La determinación de HCG constituye una buena metodología para la identificación de padres de alta habilidad para transmitir características asociadas con la FBN y rendimiento.
5. No siempre las líneas ó variedades que tengan las mejores características de nodulación poseen un rendimiento superior.

6. Los rendimientos obtenidos son satisfactorios ya que fueron obtenidos en condiciones relativamente de baja disponibilidad de N.

Recomendaciones:

1. Utilizar 'Desarrural 1R' como padre probador para líneas de alta FBN y 'RIZ 29' ó 'RIZ 36' como probador para líneas o variedades comerciales. Se pueden usar también en programas de mejoramiento para incrementar el rendimiento.
2. En los próximos estudios de habilidad combinatoria se debería incluir la evaluación de otras variables, sobre todo aquellas en que se haga uso de técnicas más precisas, como la de isótopos de ^{15}N , para conocer con mas precisión si el aumento en rendimiento puede deberse al aumento de la FBN.
3. De no poseer técnicas precisas para este tipo de estudio, se debe usar campos experimentales con el menor contenido de nitrógeno posible, para facilitar la identificación de la diferencia debida a la fijación.

VI. LITERATURA CITADA

- ADAMS, M.W. 1984. Beans-Cowpeas Production Constraints and National Programs. Bean/cowpea CRSP, Michigan State Univ., 68 p.
- BARNES, D.K., T.E. DEVINE and L.E. SCHRADER. 1978. Recommendations for research on selecting and breeding legumes for enhanced nitrogen fixation. In: T.A. LaRue (ed.), Selecting and breeding legumes for enhanced nitrogen fixation. Proceedings of a Workshop at Boyce Thompson Institute, Cornell, pp. 1-5.
- BAZAN, R. 1974. Nitrogen fertilization and management of grain legumes in Central América. In: E. Bornemiza and A. Alvarado (eds.), Soil Management in Tropical America. North Carolina State Univ. Publ., Raleigh, N.C., pp.228-245.
- BLISS, F.A. 1985. Breeding for enhanced dinitrogen fixation potential of common bean (Phaseolus vulgaris L.). In: P.W. Ludden and J.E. Burris (eds.), Nitrogen Fixation and CO₂ Metabolism, Elsevier Sc. Publ., New York, pp.303-310.
- COMSTOCK, R.E. and H.F. ROBINSON. 1948. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics* 4:254-266.
- CORRAL, L.R. 1983. Influence of competition on combining ability estimates and subsequent prediction of progeny performance in wheat (Triticum aestivum L. em Thell), (Ph.D. Thesis, Oregon State Univ., 131 p).
- DUHIGG, P., B. MELTON and A. BALTENSPERGER. 1978. Selection for acetylene reduction rates in "Mesilla" alfalfa. *Crop Sci.* 18:813-816.
- FALCONER, D.S. 1986. Introducción a la genética cuantitativa. Trad. por F. Márquez, 2da. ed. México, D.F. Compañía Edit. Continental, 383 p.
- GRAHAM, P.H. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in Phaseolus vulgaris L.: A Review. *Field Crops Research* 4:93-111.
- GRAHAM, P.H. and J.C. ROSAS. 1977. Growth and development of indeterminate bush and climbing cultivars of Phaseolus vulgaris L. inoculated with Rhizobium. *J. Agric. Sci. Cambridge* 88:503-508.

- GRAHAM, P.H. and J. HALLIDAY. 1977. Inoculation and nitrogen fixation in the genus Phaseolus. In: J.M. Vincent, A. S. Whitney and J. Bose (eds.), Exploiting the Legume-Rhizobium symbiosis in tropical agriculture. Univ. Hawaii. Coll. Trop. Agric. Misc. Publ. 145:313-334.
- GRIFFING, J.B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9:463-493.
- HARDY, R.W.F. and U.D. HAVELKA. 1976. Photosynthate as a major factor limiting nitrogen fixation by field grown legumes with emphasis on soybeans. In: P.S. Nutman (ed.), Symbiotic Nitrogen Fixation in Plants. Camb. Univ. Press, p.421-439.
- HOBBS, S.L.A. and J.D. MAHON. 1982. Heritability of $N_2(C_2H_2)$ fixation rates and related characters in peas (Pisum sativum L.). Can. J. Plant Sci. 62:265-276.
- HOLL, F.B. and T.A. LARUE. 1976a. Host genetics and nitrogen fixation. In: L.D. Hill (ed.), Proc. world soybean Res. Conf. Interstate Printers and Publishers, Danville, IL. p.156-163.
- HOLL, F.B. and T.A. LARUE. 1976b. Genetics of legume plant hosts. In: W.E. Newton and C.J. Nyman (eds.), Symposium on Nitrogen Fixation. pp.391-399.
- LEFFEL, R.C. and M.G. WEISS. 1958. Analysis of diallel cross. Biometrics 17:229-250.
- MCFERSON, J.R. 1983. Genetic and breeding studies of dinitrogen fixation in common bean, Phaseolus vulgaris L. (Ph.D. Thesis, University of Wisconsin, Madison, 147 p).
- MCFERSON, J.R., F.A. BLISS and J.C. ROSAS. 1982. Selection for enhanced nitrogen fixation in common beans (Phaseolus vulgaris). In: P.H. Graham and S. Harris (eds.), Biological Nitrogen Fixation Technology for Tropical Agriculture, Cent. Int. Agric. Tropic., CIAT, Cali, Colombia, pp.39-44
- NIENHUIS, J. and S.P. SINGH. 1986. Combining ability analyses and relationships among yield, yield components, and architectural traits in dry bean. Crop. Sci. 26:21-27.

- PASCHAL, E.H. and J.R. WILCOX. 1974. Heterosis and combining ability in exotic soybean germplasm. *Crop. Sci.* 15:344-349.
- PEREIRA, P.A., B. MIRANDA, D. WOLYN and F.A. BLISS. 1986. Genotypic variability and combining ability for nodule number in common bean. *Annual Report Bean Improv. Coop.*, 29: 87-88.
- RENNIE, R.J. and G.A. KEMP. 1981. Selection for dinitrogen-fixing ability in Phaseolus vulgaris L. at two low temperature regimen. *Euphytica* 30:87-95.
- RENNIE, R.J. and G.A. KEMP. 1983. N₂-fixation in field beans quantified by ¹⁵N-isotope dilution. II. Effect of cultivars of beans. *Agron. J.* 74:645-649.
- ROSAS, J.C. 1983. Partitioning of Dry Matter, Nitrogen Fixation and Seed Yield of Common Bean (Phaseolus vulgaris L.). Influenced by Plant Genotype and Nitrogen Fertilization (Ph.D. Thesis, Univ. of Wisconsin, Madison). 127 p.
- ROSAS, J.C. y F.A. BLISS. 1986a. Utilización del potencial de fijación de nitrógeno del frijol común en Centro América. *Ceiba* 27(1): 105-115.
- ROSAS, J.C. y F.A. BLISS. 1986b. Mejoramiento de la capacidad de fijación de nitrógeno en frijol común. *Ceiba* 27(1):95-104.
- ROSAS, J.C. and F.A. BLISS. 1986c. Improvement of the nitrogen fixation potential of common bean in Latin America. *Ceiba* 27(2):245-259.
- ROSAS, J.C., J. KIFE-NOLT, R.A. HENSON Y F.A. BLISS. 1987. Estrategias de mejoramiento para incrementar la capacidad de fijación biológica de nitrógeno del frijol común en América Latina. *Ceiba* 28(1):39-57.
- ROSAS, J.C., O.I. VARELA y F.A. BLISS. 1989. Rendimiento de líneas de frijol con mayor potencial de fijación de nitrógeno. In: J. C. Rosas (ed.), *Reporte Anual de Investigación Departamento de Agronomía, El Zamorano, Honduras*, pp.33-35.
- RUSHEL, A.P., P.B. VOSE, E. MATSUI, R.L. VICTORIA Y S.M. TSAI SAITO. 1982. Field evaluation of N₂ fixation and N-utilization by Phaseolus bean varieties determined by ¹⁵N isotope dilution. *Plant and Soil* 65:397-407.

- SCHWINGHAMER, E.A. 1977. Genetic aspects of nodulation and dinitrogen fixation by legumes: The microsymbiont. In: R.W.F. Hardy and W.S. Silver (eds.), A treatise on dinitrogen fixation. Section III, Biology. John Wiley and Sons, New York, pp. 577-622.
- SEETIN, M.W. and D.K. BARNES. 1977. Variation among alfalfa genotypes for rate of acetylene reduction. *Crop Sci.* 17:783-787.
- SULLIVAN, J.G. AND F.A. BLISS. 1983. Expression of enhanced seed protein content in inbred backcross lines of common bean. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108:787-791.
- THOMAS, R.J., J.R. McFERSON, L.E. SCHRADER, AND F.A. BLISS. 1984. Composition of bleeding sap nitrogen from lines of field-grow *Phaseolus vulgaris* L.. *Plant Soil* 79:77-78.
- VINCENT, J.M. 1974. Root nodule symbiosis with *Rhizobium*. In: A. Quispel (ed.), *The Biology of Nitrogen Fixation*, North Holland Publ. Co., Amsterdam, pp.266-341.
- VINCENT, J.M. 1980. Factors controlling the legume-*Rhizobium* symbiosis. In: W.E. Newton and W.H. Orme-Johnson (eds.), *Nitrogen fixation*, Vol. II. University Park Press, Baltimore, pp. 103-129.
- WEBER, C.R., L.T. EMPIG and J.C. THORNE. 1970. Heterotic performance and combining ability of two-way F₂ soybean hybrids. *Crop. Sci.* 10:159-160.
- WESTERMANN, D.T., G.E. KLEINKOPF, L.K. PORTER y G.E. LEGGETT. 1981. Nitrogen sources for bean seed production. *Agron. J.* 73:660-664.

DATOS BIOGRAFICOS DEL AUTOR

Nombre: Oswaldo Israel Varela
Lugar de Nacimiento: Talanga, Francisco Morazán
Fecha de Nacimiento: 17 de Octubre de 1962
Nacionalidad: Hondureña

Educación Superior:

Escuela Agrícola Panamericana: 1982-84 (Agrónomo) y
1989 (Ing. Agrónomo).

Trabajos Desempeñados:

Enero - Mayo 1985, Experience Incorporated
Realización de entrevistas al Agro Hondureño.
Oct. - Dic. 1985, Escuela Agrícola Panamericana
Laboratorio de Fitopatología.
Abril 1986 - Abril 88, Escuela Agrícola Panamericana
Sección Microbiología de Suelos.
Mayo 1988 - Abril 89, Escuela Agrícola Panamericana
Sección Proyectos de Investigación.

Mención Honorífica:

Mejoramiento de la fijación de nitrógeno del frijol en
Honduras. XXXIV Reunión Anual del PCCMCA, San José, Costa
Rica. Marzo de 1988.

Entrenamiento recibido:

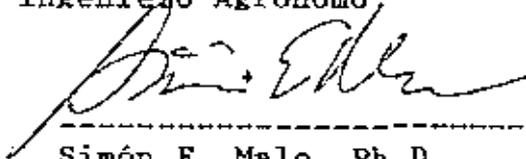
Aprendizaje del idioma Inglés y capacitación agrícola,
Programa de becas CAPS, recibido en los EE.UU. del 20 de
Septiembre al 11 de Diciembre de 1987.

Trabajos publicados:

Rosas, J.C., D.R. Hernández y O.I. Varela. 1989.
Poblaciones híbridas de frijol común derivadas del
cultivar Desarrural I. Evaluación de generaciones
tempranas, pp. 11-13.
Rosas, J.C. y O.I. Varela. 1989. Poblaciones híbridas de
frijol común derivadas del cultivar Desarrural II.
Evaluación de generaciones avanzadas, pp. 14-16.
Rosas, J.C. y O.I. Varela. 1989. Evaluación de poblaciones
híbridas de frijol común derivadas de la línea Rab 39,
pp. 17-18.
Rosas, J.C. y O.I. Varela. 1989. Evaluación de germoplasma
élite de frijol rojo-pequeño en el Valle de El Zamorano,
pp. 19-20.
Rosas, J.C., O.I. Varela y F.A. Bliss. 1989. Rendimiento
de líneas de frijol con mayor potencial de fijación de
nitrógeno, pp. 33-35.

Todos estos trabajos están publicados en el Reporte Anual
de Investigación (RAI-88), Departamento de Agronomía,
Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

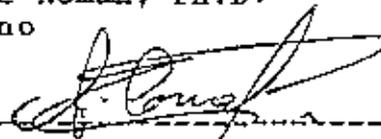
Esta Tesis fue preparada bajo la dirección del Consejero Principal del Comité de Profesores que asesoró al candidato y ha sido aprobada por todos los miembros del mismo. Fue sometida a consideración del Jefe y Coordinador del Departamento, Decano y Director de la Escuela Agrícola Panamericana y fue presentada como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo, Abril de 1989.



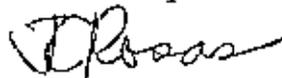
Simón E. Malo, Ph.D.
Director



Jorge Román, Ph.D.
Decano

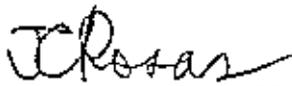


Leonardo Corral, Ph.D.
Jefe del Departamento de Agronomía

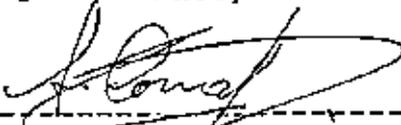


Juan Carlos Rosas, Ph.D.
Coordinador del Departamento de Agronomía

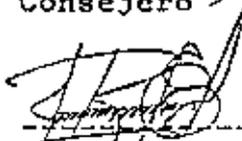
Comité de Profesores:



Juan Carlos Rosas, Ph.D.
Consejero Principal



Leonardo Corral, Ph.D.
Consejero



Raúl Espinal, M.Sc.
Consejero