

Efecto de la sequia y aplicación de Nitró-
geno Inorganico en la fijación Biológica
de Nitrógeno y rendimiento en dos
Especies de Phaseolus.

P O R

Gonzalo Quillupangui Gaibor

T E S I S

LIBRERÍA:	1486
FECHA:	7/05/91
ENCARGADO:	BECEPRA.

PRESENTADA A LA
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION
DEL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO

El Zamorano, Honduras
Abril, 1989

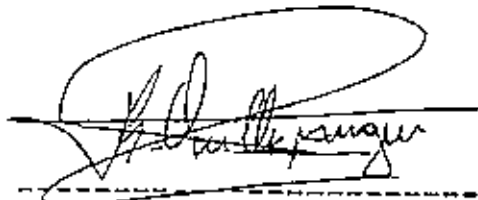
BIBLIOTECA WILSON POPENU
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 93
TEGUCIGALPA HONDURAS

EFECTO DE LA SEQUIA Y LA FERTILIZACION NITROGENADA EN LA
FIJACION BIOLOGICA DE NITROGENO Y RENDIMIENTO DE DOS
ESPECIES DE Phaseolus.

Por

Gonzalo Quillupangui Gaibor

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.



Gonzalo Quillupangui Gaibor

Abril - 1989

DEDICATORIA

Todo este esfuerzo realizado lo dedico :

A mis padres, Gonzalo Quillupangui Betancourt y Rosario Gaibor Bazantes, por todo el amor y la fortaleza que me han brindado.

A mis hermanos, tíos y primos que confiaron en mi y me dieron su respaldo incondicional.

A Jorge Osorio, Andy Cole y Angel Mejía como prueba de la amistad que les guardo y me hubiese gustado que fueran mis colegas "Zamoranos".

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Fundación Alemana para el Desarrollo por el aporte económico realizado para la obtención de mi grado académico.

A mis asesores, Dr. J. C. Rosas, Dr. J. J. Alán e Ing. O. Cosenza por toda la ayuda brindada en la realización de este trabajo.

Al Dr. Leonardo Corral por haber tenido tiempo para escuchar mis inquietudes y mis problemas.

A Ramiro Moncada y Eduardo Robleto por haberme ayudado en el mantenimiento de los ensayos.

A los trabajadores de los Proyectos Puerto Rico y BOSTID por su ayuda brindada en los trabajos de campo.

A Oswaldo Varela, Aquilino Pitty y Cristóforo Arteaga, que fueron mi compañía durante los momentos difíciles y con quienes fueron menos aburridos.

A Rodolfo Flores, Isidro Luna, Manuel Sánchez, Carlos Martínez, Fernando Mendoza, Irvin Lazo, Raul Nehring y Lenin Sabando por el compañerismo demostrado.

A la Familia Nieto - Meza por el cariño que me han brindado y por hacerme sentir como en mi casa.

A Elizabeth Rodríguez Tróchez por su amistad y paciencia.

Quiero hacer un reconocimiento especial puesto que este trabajo fue realizado con fondos proporcionados por el Proyecto Universidad de Minnesota/Escuela Agrícola Panamericana (EAP), bajo el auspicio de USDA/USAID, acuerdo No. USDA-87-CRSP-2-3031, y el Departamento de Agronomía, EAP-El Zamorano, Honduras.

INDICE

	PAG.
Título	i
Derechos de Autor	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Indice	v
Indice de Cuadros y Figuras	vi
Compendio	ix
I INTRODUCCION	1
II REVISION DE LITERATURA	4
III MATERIALES Y METODOS	15
IV RESULTADOS	29
V DISCUSION	49
VI CONCLUSIONES	54
VII RECOMENDACIONES	56
VIII LITERATURA CITADA	57
Datos biográficos del autor	63
Aprobación	64

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	PAG.
CUADRO 1 Cantidad de humedad en la condición seca y húmeda del Experimento 1, El Zamorano, Honduras, 1988	16
CUADRO 2 Tratamientos incluidos en el Experimento 1, El Zamorano, Honduras, 1988	18
CUADRO 3 Características físicas y químicas del suelo, Vega 1, donde se condujo el Experimento 1, El Zamorano, Honduras, 1988	19
CUADRO 4 Tratamientos incluidos en el Experimento 2, El Zamorano, Honduras, 1988	22
CUADRO 5 Características fisico-químicas del suelo de la terraza 7, utilizado en el Experimento 2, El Zamorano, Honduras, 1988	23
CUADRO 6 Cantidad de humedad en la condición seca y húmeda del Experimento 3, El Zamorano, Honduras, 1988	25
CUADRO 7 Características físicas y químicas del suelo, de la Vega 1, utilizado en el Experimento 3. El Zamorano, Honduras, 1988	26
CUADRO 8 Tratamientos incluidos en el Experimento 3, El Zamorano, Honduras, 1988	27
CUADRO 9 Significación de los valores F de los análisis de varianza de las variables nodulación, crecimiento, contenido de nitrógeno y rendimiento de genotipos de frijol común y frijol tepari como efecto de los tratamientos de fertilización nitrogenada e inoculación bajo diferentes condiciones de humedad, Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988	30
CUADRO 10 Medias de la condición de humedad, inoculación / fertilización nitrogenada y genotipo en las variables de nódulos por planta, follaje y raíz en la etapa R6 (floración) y contenido de nitrógeno en la etapa R8 (llenado de grano), Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988	31

Cuadro 11	Medias de la condición de humedad, inoculación/fertilización nitrogenada y genotipo en las variables de rendimiento a la madurez fisiológica y días a floración y madurez fisiológica en el Experimento 1, El Zamorano, Honduras, 1988	33
CUADRO 12	Significación de los valores F para las variables de nodulación, contenido de N, rendimiento y etapas fenológicas de dos genotipos de frijol común y dos de frijol tepari con tratamientos de nitrógeno/inoculación y un testigo (sin N y sin inóculo), Experimento 2. El Zamorano, Honduras 1988	37
CUADRO 13	Medias de genotipo, inoculación / fertilización nitrogenada en las variables de nódulos, raíces y follaje en la etapa R6 (floración) y contenido de nitrógeno en la etapa R8 (llenado de grano), Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1988	39
CUADRO 14	Medias de genotipo, inoculación / fertilización nitrogenada en las variables de rendimiento a la madurez fisiológica y en días a floración y madurez fisiológica, Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1988	49
CUADRO 15	Significación de los valores F para las variables de nodulación, crecimiento, contenido de N, rendimiento y potencial hídrico (2da. hoja trifoliada de dos genotipos de frijol común y dos de frijol tepari cultivados bajo diferentes tratamientos de nitrógeno/inoculación y dos condiciones de humedad, Experimento 3. El Zamorano, Honduras, 1988	42
CUADRO 16	Medias de la condición de humedad, inoculación / fertilización nitrogenada y genotipo en las variables de nódulos por planta y peso seco de nódulos, follaje y raíz en la etapa R6 (floración) y contenido de nitrógeno en la etapa R8 (llenado de grano), Experimento 3. El Zamorano, Honduras, 1988	43

CUADRO 17	Medias de la condición de humedad, inoculación / fertilización nitrogenada y genotipo en las variables de rendimiento, días a floración, madurez fisiológica y potencial hídrico, Experimento 3. El Zamorano, Honduras, 1988	46
FIGURA 1	Lecturas de bloques de yeso a 15 y 45 cm de profundidad en la condición húmeda (h) y seca (s)	48

para estudiar el comportamiento de estos genotipos en condiciones óptimas de humedad. En los dos primeros ensayos se utilizaron dos genotipos de cada especie, P. vulgaris y P. acutifolius. Para el tercer ensayo sólo se utilizó un genotipo de cada especie. Dos genotipos fueron comunes en los tres experimentos, 'Desarrural 1R' y 'A 80-2'. Como fuentes de nitrógeno e inoculación se utilizaron cuatro tratamientos : sin N y con inóculo, con N y con inóculo, con N y sin inóculo y un testigo sin N y sin inóculo. Las parcelas con N recibieron una dosis de 100 kg/ha, y el inóculo empleado fue preparado con Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli cepa CIAT 899 para P. vulgaris y Rhizobium "promiscuo" (Bradyrhizobium) cepa USDA 3251 para P. acutifolius. Los ensayos fueron fertilizados con superfosfato triple, a razón de 300 kg/ha.

La sequía impuesta, la fertilización/inoculación y la interacción genotipo x fertilización/inoculación afectaron la nodulación, el crecimiento, el rendimiento y algunos de sus componentes. En general, los nódulos del genotipo P. vulgaris fueron más pequeños pero más numerosos que en el genotipo P. acutifolius. Los efectos de la sequía en los pesos secos de follaje y raíces fueron muy marcados, siendo el genotipo de P. vulgaris el más afectado. La fertilización con nitrógeno afectó el número y peso seco de los nódulos. La reducción en rendimiento debido al estrés de agua fue mayor en los genotipos de P. vulgaris que en los de P. acutifolius.

COMPENDIO

El frijol común (Phaseolus vulgaris) es un componente básico en la dieta de los pobladores de la región centroamericana. Este cultivo es sembrado comúnmente bajo el sistema de relevo, lo que implica una insuficiencia en la cantidad de agua en las etapas de llenado de grano y madurez fisiológica. La mayoría de los suelos donde se cultiva son marginales y de baja fertilidad. Se ha considerado que el frijol es pobre en su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, pero actualmente se están obteniendo cultivares con mayor potencial a través del mejoramiento genético. El frijol tepari (P. acutifolius) es más tolerante a condiciones de estrés hídrico y a altas temperaturas, por lo que se le considera como un recurso genético de uso potencial en el mejoramiento del frijol común.

Se llevaron a cabo tres ensayos de campo en los terrenos de la Escuela Agrícola Panamericana para determinar el efecto de la sequía y la fertilización nitrogenada en el rendimiento y la fijación biológica de nitrógeno de dos especies del género Phaseolus.

El primer y tercer ensayos fueron establecidos bajo dos condiciones de humedad, "seca" y "húmeda", utilizando irrigación en una época normalmente con lluvias limitantes. El segundo ensayo fue establecido en la época de primera

I. INTRODUCCION

El frijol común (Phaseolus vulgaris) es uno de los granos básicos más importantes en Honduras y Centroamérica. El promedio de consumo de proteína animal en los países de la región centroamericana es muy bajo, y el frijol contribuye en forma substancial para suplir esta deficiencia.

El frijol posee entre 18 y 24 % de proteína (Sinha, 1978); es rico en hierro, medianamente en fósforo pero deficiente en calcio, aunque la mayor limitación de este grano es la deficiencia de aminoácidos sulfurados. Para corregir esta deficiencia y tener una dieta completa se debe suplementar con cereales como el maíz.

En Honduras, la superficie total promedio cultivada con esta leguminosa es de 71,691 ha; el 55 % de las fincas poseen menos de cinco hectáreas y un rendimiento promedio de 540 kg/ha, el cual es bajo si lo comparamos con el promedio obtenido en otros países y en estaciones experimentales (Ramos, 1986).

Los agricultores hondureños, principalmente siembran este cultivo en la época llamada de "postrera" (septiembre-octubre), y un efecto de esta práctica es que el frijol sufre estrés hídrico en sus últimas etapas fenológicas lo que generalmente ocasiona una reducción drástica en su

que generalmente ocasiona una reducción drástica en su rendimiento. El uso de variedades precoces ha ayudado a resolver en parte este problema puesto que completan su ciclo de vida antes que el cese de las lluvias las afecte en forma significativa, pero su potencial de rendimiento es inferior comparado con las variedades más tardías.

El potencial de mejoramiento es mayor en zonas donde la época seca se presenta en el mismo periodo cada año, puesto que en lugares donde el estrés hídrico es esporádico e impredecible, las plantas pueden tener diferente comportamiento de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo en que se presente el estrés (Boyer y McPherson, 1975). En Honduras la época seca se presenta predeciblemente por lo que se facilita realizar estudios de sequía en el país (Zuluaga et al., 1987). Hanson (1972), Reitz (1974), Boyer y McPherson (1975) y Fisher y Turner (1978), enfatizan la importancia de definir no solamente la cantidad de precipitación, sino que también su distribución.

Para la producción anual de alimentos a nivel mundial se requieren 110 millones de toneladas de nitrógeno inorgánico (N), pero la industria química solo abastece siete. Por otro lado, la producción de fertilizantes nitrogenados demandan mucha energía para su fabricación lo que hace que el precio sea alto (Bowen y Kratky, 1982). La inoculación con cepas efectivas de Rhizobium ayudaría a aumentar la producción y productividad del frijol ya que las

pequeñas fincas, donde mayormente es producido este grano básico, están localizadas en suelos de baja fertilidad, en especial nitrógeno, y en manos de agricultores que no tienen acceso a los fertilizantes debido a su precio o a su falta de disponibilidad en el mercado (Rosas y Bliss, 1986).

Los informes de investigaciones que comparan el potencial de fijación biológica de nitrógeno (FBN) de P. vulgaris y P. acutifolius en condiciones de estrés de agua a nivel de campo, y sus efectos en el rendimiento, son muy limitados. Se considera que en general, el P. vulgaris es considerado susceptible y P. acutifolius resistente a la sequía y a altas temperaturas.

Estos fundamentos justifican la realización de ensayos con genotipos de P. vulgaris y P. acutifolius sujetos a un déficit hídrico, para determinar el efecto de la sequía en la FBN y el rendimiento de grano de estas dos especies.

En este trabajo se informan los resultados de tres ensayos realizados en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras, durante el año 1988. Se utilizaron tratamientos con N e inoculación con y sin riego para determinar sus efectos en la FBN y en el rendimiento de los genotipos de estas dos especies de Phaseolus.

II. REVISION DE LITERATURA

El estrés hídrico es una de las mayores limitantes en la producción de frijol en el trópico americano. Un 60 % de los cultivos en América Latina sufren de un moderado a severo estrés hídrico, que se acentúa por la predominancia de cultivos de relevo; en el cual el frijol se siembra, generalmente al final de la estación lluviosa, cuando el maíz está comenzando a madurar (Laing et al., 1983).

La respuesta en el follaje debido a cambios en la cantidad y relaciones hídricas en el suelo en la zona radical no se comprende en su totalidad (Kramer, 1974). Según Ritchie (1974), el crecimiento de la planta es controlado directamente por su cantidad de agua e indirectamente por condiciones atmosféricas y el estrés hídrico. Jordan (1970), propone realizar estudios que determinen la respuesta en crecimiento de plantas sometidas a estrés hídrico en el campo, puesto que hay variabilidad entre los informes de campo e invernadero.

Las plantas adaptadas al estrés de agua se clasifican en dos categorías: aquellas que poseen mecanismos de evasión y las que poseen tolerancia. Los mecanismos de evasión permiten a la planta escapar a la falta de agua debido a su mayor precocidad, mientras que los mecanismos de tolerancia le permiten posponer o resistir la deshidratación. Johnson, Rumbaugh y Asay (1981), dicen que la intensidad y duración del déficit hídrico son importantes para determinar la

Rumbaugh y Asay (1981), dicen que la intensidad y duración del déficit hídrico son importantes para determinar la tolerancia a la sequía.

Beebe, et al. (1984), encontraron en un estudio con variedades precoces y tardías en Jutiapa, Guatemala, que los rendimientos de las variedades tardías superaron a los de las precoces en condiciones óptimas de humedad, mientras que lo contrario sucedió cuando se les sometió a estrés hídrico.

Zuluaga et al. (1987), indican que en un ensayo con 23 genotipos de P. vulgaris y dos variedades hondureñas de P. vulgaris, con y sin riego, los rendimientos en el tratamiento seco se redujeron entre 69 y 98 % en comparación con el tratamiento húmedo. Los autores sugieren que la selección de genotipos de frijol tolerantes a sequía debe hacerse en las mismas zonas con problemas de estrés hídrico, ya que la tolerancia puede ser afectada por condiciones edáficas o de adaptación a otras zonas. En otro experimento, bajo las mismas condiciones de humedad, con nueve genotipos de P. vulgaris y un genotipo de P. acutifolius, se observó que este último fue el que rindió mejor en la condición seca.

El frijol tepari, P. acutifolius, es una especie resistente al calor y a la sequía, originaria del Suroeste de los Estados Unidos de Norteamérica y del Noroeste de México. Posee un alto contenido de proteína, cercano al del frijol común (Thomas, et al., 1983) y en general produce más

proteína debido a la cantidad de semilla por planta que los genotipos más rendidores de P. vulgaris (Nabhan y Felger, 1978).

Thomas, et al. (1983), reportaron los resultados de un ensayo en el que se impusieron condiciones de sequía, después de 48 horas de sembrado, a tres genotipos de P. acutifolius y a tres de P. vulgaris, en dos años consecutivos. Los genotipos de frijol común no produjeron ningún rendimiento mientras que los genotipos de frijol tepari rindieron 420 y 1,000 kg/ha en 1980 y 1981, respectivamente. Peterson y Davis (1982), al estudiar el efecto de la sequía en P. acutifolius, encontraron que esta especie superó en rendimiento a cinco cultivares de P. vulgaris en condiciones de sequía.

Existen algunas hipótesis que tratan de explicar la tolerancia a sequía de P. acutifolius. Markhart (1985) y Parsons (1979) proponen que debido a su sistema radical más profundo, a sus hojas más pequeñas y angostas que disipan el calor más rápidamente, al cierre de sus estomas a un potencial hídrico mucho mayor, que evita su deshidratación y aumenta la tasa fotosintética, ayudan a que sea más resistente a la sequía. No se han encontrado evidencias de ajuste osmótico en esas condiciones.

Las especies del género Phaseolus son noduladas por dos grupos de bacterias del género Rhizobium. El P. vulgaris es nodulado por cepas de Rhizobium leguminosarum biovar

phaseoli que son de crecimiento rápido, mientras que P. acutifolius lo es por cepas de Rhizobium "promiscuo" (Bradyrhizobium, según la nueva clasificación, Jordan 1982) que son de crecimiento lento (Jordan y Allen, 1974). La diferencia entre estas dos especies es por el tiempo que tardan en crecer en un medio de cultivo.

Los nódulos formados por especies de crecimiento rápido generalmente son pequeños y se forman en gran cantidad en las raíces de la planta hospedera. En el laboratorio se observa que gran parte del cultivo está recubierto de una goma extracelular que fluye sobre la superficie del medio de cultivo agar-levadura-manitol (ALM) con azul de bromotimol, y las bacterias producen acidez y lo cambian de color verde a amarillo. Los nódulos de especies de crecimiento lento son mayores, se forman relativamente en pequeñas cantidades y en el laboratorio no presentan goma fluente, producen alcalinidad y cambian de color al medio de verde a azul (Krieg y Holt, 1984; Bradley et al., 1985; Hamdi, 1985).

El efecto de la aplicación de N varía con la planta hospedera, la cepa de Rhizobium, las condiciones de crecimiento, la cantidad y la época de aplicación (Lonerangan, 1975; Graham y Halliday, 1977). En la FBN, decrece la fijación, el desarrollo y la función de los nódulos (Gibson, 1975); aunque para inhibirla completamente se requieren altas concentraciones de N (Lonerangan, 1975).

Yoshida (1979), indica que la aplicación de abono orgánico tuvo un efecto menor que la urea en la nodulación de la soya y que la FBN fue excelente.

Weber (1966), encontró que la FBN está directamente relacionada con el incremento en el número, peso y tamaño, de los nódulos, e inversamente relacionada con la aplicación de N inorgánico. Hashimoto (1976), explicó que la reducción en la FBN es a causa del retraso en el crecimiento del nódulo e indirectamente por la baja FBN por unidad de materia seca.

Awonaike et al. (1980), informó que al aplicar pequeñas cantidades de N en cinco variedades de frijol, los nódulos produjeron menos tejido y tuvieron una baja en la actividad de la enzima nitrogenasa. Según Franco (1977), ciertas cepas son más sensitivas que otras a la aplicación de N.

También se menciona que existe una relación inversa entre la actividad de las enzimas nitrogenasa y nitrato reductasa en frijol (Félix et al., 1981). La actividad de la enzima nitrato reductasa sobre las plántulas es alta, decrece en la antesis y durante el llenado del grano se incrementa nuevamente; la actividad de la nitrogenasa varía opuestamente a la de la nitrato reductasa, alcanzando su mayor actividad durante la floración.

Lonerangan (1975), informó que una fertilización nitrogenada mayor que la necesaria para la planta disminuyó la FBN en plantas de maní, soya y trébol. Además, se

determinó que la aplicación continua de N inorgánico a plantas de soya y caupí inoculadas, favorece su crecimiento vegetativo pero afecta la tasa de FBN, aunque pequeñas cantidades pueden estimular la formación de nódulos en plántulas de alfalfa. Lonerangan (1975), menciona un incremento en la cantidad de N fijado como efecto de una aplicación adecuada de N a plantas vigorosas como caupí.

Allos y Bartholomew (1959) y Norman y Krampts (1965), concluyen que la FBN es insuficiente para alcanzar el máximo crecimiento vegetativo y por lo tanto la máxima producción de materia seca.

Rabie y Kumasawa (1978), obtuvieron en la etapa de llenado de grano la mayor cantidad de materia seca en plantas de soya fertilizadas con N más inoculación, en comparación con aquellas que solo recibieron N.

P. vulgaris evolucionó en América Central en condiciones de agricultura primitiva y en suelos relativamente bajos en disponibilidad de nutrientes (Evans, 1975). El frijol es, comúnmente sembrado sin inoculación a la siembra porque en algunas condiciones responde pobremente (5-50% de N) y puede ser restringido a un estrecho rango de condiciones ambientales. Sin embargo, en la Universidad de Wisconsin, E. U., se ha logrado desarrollar variedades de frijol capaces de fijar más del 60 % de sus requerimientos de N en condiciones óptimas (StClair et al., 1988). Dobereiner y Rushel (1966) y StClair et al. (1988)

observaron que el frijol puede fijar suficiente N para suplir las necesidades de la planta hasta la floración.

El N estimado en la planta, derivado de la fijación y fertilización nitrogenada, es afectado por el genotipo del hospedero. Duque et al. (1985), informaron que los cultivares de frijol 'Venezuela 350' y 'Río Tibagi' respondieron solo a la fertilización nitrogenada y no a la inoculación mientras que 'Carioca' y 'Negro Argel' se comportaron a la inversa, lo que demuestra la variabilidad genética del P. vulgaris y determina la importancia de la selección de cultivares en el campo.

Según Neyra (1986), con las actuales variedades de frijol, se requiere del nitrógeno inorgánico y del obtenido por la FBN para alcanzar los máximos rendimientos. Por ello, los fertilizantes nitrogenados son recomendados para la producción de frijol en muchas zonas (Adams et al., 1985).

Períodos de estrés ambiental que varían en duración, se presentan frecuentemente durante el crecimiento de cualquier cultivo. Para derivar el máximo beneficio en un sistema simbiótico, es importante conocer cómo afectarán al sistema los diferentes estreses; además, que se debe corregir o qué medidas deberían adoptarse para minimizar sus efectos. La presencia de estreses durante el proceso de nodulación y FBN afectan adversamente el proceso de la infección, el desarrollo de los nódulos, función de la enzima nitrogenasa y acelera la senescencia del nódulo (Sprent, 1976a). El

estrés puede ser por temperatura, luz, humedad (Nutman, 1972; Sprent, 1978b), baja concentración de oxígeno, pH adverso en el suelo, defoliación, insuficiente cantidad de Rhizobium o deficiencias nutritivas que afectan específicamente la simbiosis (Paan y Cowles, 1979; Sprent, 1981). La falta o exceso de agua son desviaciones del régimen hídrico óptimo que tienen efectos adversos en la nodulación y la FBN. Minchin y Pate (1975) indican que estas respuestas adversas pueden deberse a efectos directos en la aireación del nódulo o por efectos indirectos en la planta hospedera.

Hay dos tipos de respuesta al estrés hídrico en las plantas: compensación, en la que la planta incrementa la capacidad del sistema para fijar nitrógeno, y la recuperación, en la que, eliminado el estrés, hay una recuperación en la simbiosis (desarrollo del nódulo o la reactivación de la enzima nitrogenasa) (Gibson, 1975).

Se han observado grandes diferencias en la asimilación de nitrógeno entre plantas inoculadas y plantas fertilizadas con N, cuando no están en condiciones aptas para este proceso. Nutman (1972), indicó que hay menos formación de nódulos en los suelos secos en comparación con los suelos húmedos, aun cuando la población de Rhizobium fue similar. También un leve marchitamiento puede reducir la FBN por los nódulos y puede que no haya infección en los pelos radicales por los rizobios aunque la rizósfera no sea

afectada (Roughley, 1980). Según Rushel et al. (1982), la producción de nódulos está relacionada con el desarrollo radical ya que parece ser que el frijol produce los nódulos que su sistema radicular puede mantener.

Los efectos del estrés hídrico sobre los nódulos son variados. Johnson, et al. (1981), informaron que plantas de Lotus corniculatus que crecieron en suelos de bajo contenido de humedad tuvieron nódulos más pequeños, blancos, no funcionales y cerca del 55% de las plantas no nodulaban a los 77 días después de la siembra. La humedad de suelo óptima para inoculación fue de 60 a 70%, aunque la muerte de nódulos formados por carencia de humedad difiere de la humedad crítica de la planta. Además, los autores determinaron que los efectos de estrés de agua son reversibles si la pérdida de agua del nódulo no sobrepasa el 20% de su peso fresco, que hay daño estructural irreversible con una sequía severa, puesto que las células de la corteza del nódulo se colapsan y dañan los plasmodesmos en el tejido del nódulo, y que pueden haber daños osmóticos debido a la concentración de iones cerca del nódulo.

Los efectos de la sequía en la FBN han sido atribuidos a la desecación del nódulo y a la reducción en la fijación de carbono (Minchin y Pate, 1975; Sprent, 1981). Resultados obtenidos por Minchin y Pate (1975), determinaron que ambos factores y la producción de fotosintatos disminuyen en condiciones de sequía y esto produce una baja tasa de

fijación.

Sprent (1976b), Roughley (1980) y Becana, et al. (1985), proponen que hay una barrera en la difusión de oxígeno a través de la corteza del nódulo, lo que provoca una disminución de la actividad respiratoria y de la enzima nitrogenasa en condiciones de sequía. Ambos aspectos están relacionados ya que se cree que los nódulos en las raíces de las leguminosas se proveen de su propio ATP. Para la conversión de N a amoníaco se requieren altas concentraciones de ATP (Sprent, 1976a). Es primordial que exista una suficiente cantidad de oxígeno para evitar la inactivación de la enzima nitrogenasa; pérdidas de agua mayores que del 80% del peso fresco del nódulo inhiben irreversiblemente la actividad de esta enzima (Bergersen, 1977).

Las cepas de Rhizobium de crecimiento rápido tienen más afinidad por el agua que sus homólogas de crecimiento lento, debido a que tienen más energía disponible para la absorción de agua. Esto sugiere que los rizobios de crecimiento lento, por tener una baja tasa metabólica, sobreviven mejor a la desecación (Sprent, 1981). Roughley (1980) y Sprent (1976b, 1981), indican que determinadas cepas de Rhizobium pueden ser más tolerantes a periodos de anoxia. Por ejemplo, R. trifolii es más tolerante a sequía que R. meliloti o R. lupini. La recuperación de la FBN depende también de la morfología del nódulo. Así, nódulos con meristemas apicales

(Trifolium y Vicia) pueden seguir creciendo después de la sequía y producir más células capaces de infectarse con Rhizobium, mientras que los de forma esférica deben formar una nueva población.

Becana, et al. (1985), trabajaron en leguminosas forrajeras y sugieren que las más adaptadas a condiciones de sequía tienen menor efecto en la FBN en esas condiciones. Así, el cultivar de alfalfa tolerante a sequía 'Tierra de campos' pudo crecer, transpirar y fijar nitrógeno a un potencial de agua más bajo que el cultivar sensible 'Aragón'. También observaron una recuperación más rápida en el cultivar tolerante cuando el estrés fue suspendido.

Becana, et al. (1986), proponen que puede haber un efecto inhibitorio sinérgico en la actividad de la enzima nitrogenasa cuando las condiciones de estrés hídrico y de N son impuestos.

III. MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se realizaron en los campos experimentales del Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana (EAP). La EAP está situada en el Departamento de Francisco Morazán, Honduras, a 800 msnm, 14°00' latitud norte y 87°02' longitud oeste. Durante el año de 1988 la temperatura promedio fue de 24°C y la precipitación total de 1379.9 mm. Los experimentos se condujeron durante las épocas de siembra de verano (Experimento 1), primera (Experimento 2) y postrera (Experimento 3).

Experimento 1

Se sembró el 3 de marzo de 1988 y se cosechó el 22 de mayo, en La Vega 1 de Agronomía. Los tratamientos considerados en este ensayo fueron dos condiciones de humedad, "seco" y "húmedo" (23 mm más de agua que el seco), utilizando irrigación (Cuadro 1). Se usaron dos genotipos de P. vulgaris ('Desarrural 1R' y 'Puebla 152') y dos de P. acutifolius ('A 80-2' y 'A 76-2') y cuatro tratamientos utilizando N o inoculación (solo N, N más inóculo, inóculo solo y un testigo sin N y sin inóculo). Las parcelas con N recibieron una dosis de 100 kg/ha (en forma de urea), a los 25 días después de la siembra (DDS). El inóculo empleado fue Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli cepa CIAT 899 para

Cuadro 1. Cantidad de humedad en la condición seca y húmeda del Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988.

Fecha	Irrigación (I)/ Lluvia (L)			Condición	
	DDF	I / L	Agua (mm)	Húmeda	Seca
Feb. 28	-4	I	46.0	+	+
Mar. 10	+7	I	34.5	+	+
Mar. 11	+8	L	37.8	+	+
Mar. 15	+12	L	6.8	+	+
Mar. 19	+16	I	23.0	+	+
Mar. 26	+23	I	11.5	+	+
Mar. 30	+27	I	23.0	+	+
Abr. 11	+39	L	15.3	+	+
Abr. 12	+40	L	24.4	+	+
Abr. 13	+45	L	38.0	+	+
Abr. 29	+57	I	33.0	+	(-)
Total (mm)				223.3	260.3

(-) Indica la única diferencia en el contenido de humedad entre las parcelas secas y húmedas.

P. vulgaris, Rhizobium "promiscuo" (Bradyrhizobium) ccpa USDA 3251 para P. acutifolius, aplicados al momento de la siembra en forma granular al fondo del surco. En el Cuadro 2, se observa la distribución de los tratamientos. El análisis de suelo antes de realizar el experimento, se presenta en el Cuadro 3. Todas las parcelas experimentales fueron fertilizadas con superfosfato triple 0-46-0, a razón de 300 kg/ha.

El diseño experimental utilizado fue parcelas subdivididas con un arreglo de tres factores con dos niveles cada uno, distribuidos en bloques al azar con dos repeticiones. La parcela principal fueron las condiciones de humedad, la inoculación y la fertilización nitrogenada la sub-parcela y genotipo la sub-sub-parcela.

La unidad experimental consistió de 6 surcos de 5 m de largo. La parcela útil fue de 3 m de largo y los 4 surcos centrales. La distancia de siembra entre surcos fue 0.60 m y entre plantas 0.067 m (250,000 plantas/ha).

Las observaciones realizadas incluyeron el registro de las etapas fenológicas de floración (50 % de las plantas en la parcela tenían por lo menos una flor abierta) y madurez fisiológica (90 % de las vainas estuvieron secas).

En la etapa R5 (floración, 49 DDS), se obtuvieron muestras para determinar el número de nódulos y el peso seco de los nódulos, el peso seco del follaje y las raíces. La

Cuadro 2. Tratamientos incluidos en el Experimento I. El Zarrano, Woadyren, 1988

Tratamiento	Riego	Genotipo	Nitrógeno/Inoculación (N/I)
1	1	1	Desarrasal IR
2	1	1	
3	1	1	
4	1	1	
5	1	1	Puebla 152
6	1	1	
7	1	1	
8	1	1	
9	1	2	A 76-2
10	1	2	
11	1	2	
12	1	2	
13	1	2	A 80-2
14	1	2	
15	1	2	
16	1	2	
17	2	1	Desarrasal IR
18	2	1	
19	2	1	
20	2	1	
21	2	1	Puebla 152
22	2	1	
23	2	1	
24	2	1	
25	2	2	A 76-2
26	2	2	
27	2	2	
28	2	2	
29	2	2	A 80-2
30	2	2	
31	2	2	
32	2	2	

Riego: 1= con 2= sin; Genotipo: 1= *P. vulgaris* 2= *P. acutifolius*

N/I : 1= inoc + 0 N; 2= inoc + 100 kg N; 3= sin inoc + 100 kg N;
4= sin inoc + 0 N

Cuadro 3. Características físicas y químicas del suelo, Vega 1, donde se condujo el Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988.

Arena (%)	41.30
Limo (%)	40.80
Arcilla (%)	18.00
N Total (%)	0.12
Materia Orgánica (%)	2.50
pH	5.80

muestra en cada unidad experimental se consiguió al cortar el follaje y excavar y extraer las raíces de 10 plantas.

El número de nódulos se determinó después de lavar las raíces y secarlas al ambiente. El peso seco de los nódulos se obtuvo después de haberlos secado a 70°C por 48 horas. El peso seco del follaje y de las raíces se obtuvo después de secarlos a la misma temperatura por 72 horas.

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre el contenido de N total se obtuvo el peso seco del follaje y de semilla en la etapa R8 (llenado de grano, 65 DDS). Se separó la semilla y el follaje de siete plantas, se secaron a 70°C por 72 horas, se molieron y se determinó la concentración de N por el método de Kjeldahl en el Departamento de suelos de la Universidad de Minnesota.

Los datos de rendimiento se obtuvieron en 20 plantas y los componentes de rendimiento (número de vainas/planta, número de semillas/vaina y peso seco de 100 semillas) en 10 plantas. Estos datos fueron determinados en la etapa R9 (madurez fisiológica, 80 DDS). El rendimiento fue medido en g/20 plantas y luego ajustado a kg/ha al 14 % de humedad.

Durante el desarrollo del cultivo se efectuó combate químico de insectos y el de malezas manualmente, bajo previa observación. Para enfermedades se realizó un combate preventivo.

Experimento 2

Se sembró en la época de primera, en la Terraza 7 de Agronomía, el 15 de junio de 1988 y se cosechó el 5 de septiembre. Este experimento tuvo algunas variantes con respecto al Experimento 1, que se detallan a continuación. Se consideraron tres tratamientos de N : N solo, inóculo solo y un testigo sin N y sin inóculo (Cuadro 4). Las parcelas que llevaron N recibieron una dosis de 100 kg/ha (en forma de urea) en dos aplicaciones, 50 % de la dosis en cada aplicación, a los 10 y a los 28 DDS.

El análisis de suelo de la terraza 7 de Agronomía se presenta en el Cuadro 5.

El diseño experimental fue de bloques al azar con un arreglo factorial de dos factores con cuatro niveles para genotipo y tres para nitrógeno/inoculación y con cuatro repeticiones. La unidad experimental constó de cuatro surcos de 5 m de largo. La distancia de siembra entre hileras fue de 60 cm y entre plantas 10 cm (166,666 plantas/ha). La parcela útil fue de 3 m de largo y los dos surcos centrales.

Se determinaron las mismas variables del Experimento 1, usando los mismos procedimientos, lo único que varió fue el tamaño de la muestra. En las etapas de floración, llenado de grano y madurez fisiológica se usaron muestras de 10, 5 y 60 plantas, respectivamente. Para determinar los componentes de rendimiento se usaron 10 de las 60 plantas utilizadas para

Cuadro 4. Tratamientos incluidos en el Experimento 2. El Zamorano,
Honduras, 1988.

Tratamiento	Genotipo	Nitrógeno / Inoculación (N/I)
1	1 Desarrural 1E	1
2	1	2
3	1	3
4	1 Puebla 152	1
5	1	2
6	1	3
7	2 A 16-2	1
8	2	2
9	2	3
10	2 A 30-2	1
11	2	2
12	2	3

Genotipo: 1= P. vulgaris; 2= P. acutifolius

N/I: 1= inoculado; 2= 100 kg N; 3= sin inoc + 0 kg N

Cuadro 5. Características físico-químicas del suelo de la Terraza 7, utilizado en el Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1988.

Arena (%)	42.50
Limo (%)	31.80
Arcilla (%)	25.70
N Total (%)	0.13
Materia Orgánica (%)	1.63
pH	6.20
K (meq/100 g suelo)	0.74
Ca (meq/100 g suelo)	5.00
Mg (meq/100 g suelo)	0.96
P (mg/ml suelo)	13.90
Fe ppm	122.00
Cu ppm	3.00
Mn ppm	16.00
Zn ppm	2.00
B ppm	0.20
S ppm	3.13

determinar el rendimiento.

Experimento 3

Fue sembrado en La Vega 1 de Agronomía, el 30 de Octubre de 1988; el tratamiento seco se cosechó el 7 de enero y el húmedo el 17 de Enero de 1989. La diferencia en cantidad de agua entre la condición seca y la húmeda se presentan en el Cuadro 6. El análisis de suelo se presenta en el Cuadro 7.

Los tratamientos para este ensayo fueron similares al Experimento 1 con las siguientes variantes: se utilizó un solo genotipo de P. vulgaris ('Desarrural 1R') y uno de P. acutifolius ('A 80-2'). La aplicación de N fue de 100 kg/ha en forma de urea, dividida en dos aplicaciones (50 % de la dosis por aplicación), a los 19 y 38 DDS. Los tratamientos utilizados en este experimento se presentan en el Cuadro 8.

El diseño experimental usado para el Experimento 3 fue de parcelas sub-divididas con un arreglo de tres factores con dos niveles para condición de humedad, dos para genotipo y cuatro para la fertilización/inoculación, con cuatro repeticiones. Condición de humedad fue la parcela principal, genotipo la sub-parcela c inoculación/nitrógeno la sub-sub-parcela, puesto que se quiso incrementar la precisión en estimar la aplicación de nitrógeno/inoculación en relación al Experimento 1.

Cuadro 6. Cantidad de humedad en la condición seca y húmeda del Experimento 3.
El Zamorano, Honduras, 1988.

Irrigación (I) / Lluvia (L)		Condición		
Fecha	DDS	I / L	Húmeda (mm)	Seca (mm)
Oct. 30	0	I	11.5	11.5
Nov. 11	12	I	16.0	14.2
Nov. 18	19	I	20.0	34.0
Nov. 28	29	I	24.4	36.5
Nov. 29	30	L	2.0	2.0
Dic. 3	34	L	1.2	1.2
Dic. 7	37	I	34.0	0.0
Dic. 10	41	L	0.6	0.6
Dic. 13	43	I	32.0	0.0
Dic. 16	47	L	1.0	1.0
Dic. 19	50	L	0.4	0.4
Dic. 22	52	I	19.0	0.0
Dic. 27	58	L	2.0	2.0
Dic. 28	58	I	19.3	0.0
Dic. 29	60	L	0.8	0.8
Ene. 2	64	L	0.4	0.4
Ene. 3	64	I	15.4	0.0
Ene. 10	71	I	11.8	0.0
Total (mm)			211.8	104.6

Cuadro 7. Características físicas y químicas del suelo de la Vega 1, utilizado en el Experimento 3. El Zamorano, Honduras, 1988.

Arena (%)	42.30
Limo (%)	38.00
Arcilla (%)	19.70
N Total (%)	0.10
Materia Orgánica (%)	2.50
pH	5.60

Cuadro 3. Tratamientos incluidos en el Experimento 3. El Zmorano, Honduras, 1968

Tratamiento	Riego	Genotipo	Inoculación/nitrógeno
1	1	1 Desarrural 1B	1
2	2	1	2
3	1	1	3
4	1	1	4
5	1	2 A 80-2	1
6	1	2	2
7	1	2	3
8	1	2	4
9	2	1 Desarrural 1E	1
10	2	1	2
11	2	1	3
12	2	1	4
13	2	2 A 80-2	1
14	2	2	2
15	2	2	3
16	2	2	4

Riego: 1= con 2= sin; Genotipo: 1= *P. vulgaris* 2= *P. acutifolius*

N/I : 1= inoc + 0 N; 2= inoc + 100 kg N; 3= sin inoc + 100 kg N;
4= sin inoc + 0 N

La unidad experimental constó de dos surcos útiles (6 m de largo y 0.6 m entre hileras) las cuales fueron intercaladas con surcos (bordes) individuales para separar una unidad experimental de la otra.

Las observaciones realizadas en este experimento fueron similares a las de los dos ensayos anteriores con las siguientes variaciones: el número de plantas por muestra fue de 10, 5 y 40 en la etapa de floración (47 DDS), llenado de grano (58 y 60 DDS, condición seca y húmeda) y madurez fisiológica (64 y 74 DDS, condición seca y húmeda), respectivamente. A los 39 y 60 DDS, en las primeras horas de la mañana se tomaron muestras de la segunda hoja trifoliada para determinar el potencial hídrico usando nitrógeno gaseoso en una cámara de presión (Petersen, 1985). Se usaron bloques de yeso a 15 y 45 cm de profundidad para determinar el contenido de humedad en las dos condiciones.

Este experimento se condujo en una área más pequeña que los anteriores para así controlar con mayor precisión la condición de humedad.

Los análisis estadísticos para los tres experimentos se realizaron usando el Programa MSTAT Versión 4.0 en una microcomputadora IBM-PS II, modelo 30. Se efectuaron análisis de varianza. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Duncan al 5 %. En el Experimento 3 para NN se usó la transformación $\sqrt{x + 1}$ donde x es el número de nódulos original de la parcela.

RESULTADOS

Experimento 1

Un resumen del análisis de variancia (ANDEVA) para el experimento 1 se presenta en el Cuadro 9. Los resultados de la separación de medias (DMS) para factores individuales y sus interacciones se presentan en los Cuadros 10 y 11. Los siguientes comentarios están basados en estos tres cuadros.

Se observaron diferencias significativas como resultado de la condición de humedad del suelo, en las variables de peso seco de follaje (PSF) y raíz (PSR), rendimiento y sus componentes, número de vainas/planta (NVP), número de semillas/vaina (NSV) y peso seco de 100 semillas (PSCS) y días a floración (DF). Todos fueron superiores en las parcelas con riego. Es necesario mencionar que la condición "húmeda" solo tuvo un riego adicional (23 mm) durante la etapa de llenado de grano (57 DBS). Lamentablemente, hubo lluvias extemporáneas durante el ciclo de crecimiento, reduciendo así los efectos del tratamiento seco.

Para el factor nitrógeno/inoculación (N/I), los testigos presentaron el mayor número de nódulos (NN) mientras que los otros tratamientos no fueron diferentes

Cuadro 9. Significación de los valores F de los análisis de varianza de las variables de nodulación, crecimiento, contenido de nitrógeno y rendimiento de genotipos de frijol común y frijol tepari como efecto de los tratamientos de fertilización nitrogenada e inoculación bajo diferentes condiciones de humedad, Experimento I. El Zavorano, Honduras, 1988.

Variable	Fuente de variación - ANOVA							
	H	G	HxG	N/I	HxN/I	R/IxG	HxN/IxG	CV%
Número nódulos-E6	t	tt	ns	tt	ns	ns	ns	64.4
Peso seco nódulos-E6	ns	ns	ns	tt	tt	ns	ns	12.2
Peso seco follaje-E6	tt	tt	tt	t	ns	ns	ns	20.1
Peso seco de raíz-E6	tt	t	t	tt	ns	ns	ns	16.5
N semilla (mg/pl)-E6	ns	ns	ns	tt	ns	ns	ns	33.5
N follaje (mg/pl)-E6	ns	ns	ns	tt	ns	ns	ns	36.0
N planta (mg/pl)-E6	ns	ns	ns	tt	ns	ns	ns	27.0
Índice cosecha N-E6	ns	ns	ns	tt	ns	ns	ns	16.2
Rendimiento (kg/ha)-E9	tt	ns	ns	t	t	ns	ns	33.0
Vainas/pl-E9	tt	ns	t	tt	ns	ns	t	20.0
Semillas/vaina-E9	tt	ns	ns	tt	ns	ns	ns	12.1
Peso seco 100 semillas-E9	tt	ns	ns	tt	ns	ns	ns	18.0
Días a floración-E6	tt	ns	ns	tt	ns	ns	ns	2.3
Días a madurez-E9	ns	ns	ns	tt	tt	ns	ns	4.2

H= humedad (seca y húmeda), G= genotipo, HxG= humedad x genotipo
 N/I= nitrógeno/inoculación, HxN/I= humedad x nitrógeno/inoculación
 GxN/I= genotipo x nitrógeno/inoculación
 HxGxN/I= humedad x genotipo x nitrógeno/inoculación

Etapas fenológicas : E6= Floración, E8= Llenado de grano
 E9= Madurez fisiológica

t, tt, ns Significativo a los niveles de probabilidad de 0.05, 0.01 y no significativo, respectivamente.

Cuadro 10. Medias de la condición de humedad, inoculación / fertilización nitrogenada y genotipo en las variables de nódulos por planta y peso seco de los nódulos, follaje y raíz en la etapa R6 (floración) y contenido de nitrógeno en la etapa R8 (llenado de grano), Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1988.

Tratamiento	Peso seco / planta				Nitrógeno			Índice cosecha (%)
	Nódulos por planta	Nódulos (mg)	Follaje (g)	Raíz (g)	ng/pl		Total	
					Follaje	Semilla		
HUMEDAD (H)								
Húmeda	29.0	210	11.6	0.46	26.5	21.6	48.1	58
Seca	23.4	200	8.3	0.42	24.4	17.2	41.6	52
ANDEVA	*	ns	**	**	ns	ns	ns	ns
NITRÓGENO/INOCULACION (N/I)								
-N / +I	25.0	210	9.1	0.43	25.3	19.4	44.6	59
+N / +I	24.1	190	10.1	0.43	25.9	21.3	47.2	56
+N / -I	20.5	190	11.4	0.47	23.2	16.3	39.5	52
-N / -I	25.2	230	9.3	0.44	27.3	20.6	48.6	61
ANDEVA	**	ns	**	**	ns	ns	ns	ns
DMS 5 %	9.9		0.57	0.03				
GENOTIPO (G)								
Demarrasal 1R	38.5	184	11.1	0.50	30.4	13.9	44.3	69
Puebla 152	42.3	184	10.3	0.50	16.1	38.6	54.7	27
A 76-2	32.0	228	9.2	0.33	25.8	12.4	38.3	69
A20-2	12.0	226	9.1	0.35	30.1	12.6	42.7	71
ANDEVA	**	**	*	**	**	**	**	**
DMS 5 %	12.3	2.0	1.5	0.05	4.3	5.1	8.9	7.3

Abreviaciones : -N/+I (sin nitrógeno y con inoculo), +N/+I (con nitrógeno y con inoculo)
 +N/-I (con nitrógeno y sin inoculo), -N/-I (sin nitrógeno y sin inoculo)

*, **, ns Significativo a los niveles de probabilidad 0.05, 0.01 y no significativo, respectivamente.

Cuadro 10 (continuación)

Tratamiento	Peso seco / planta				Nitrógeno			
	Nódulos por planta	Nódulos (mg)	Follaje (g)	Bals (g)	mg/pl			Índice cosecha (%)
					Follaje	Sevilla	Total	
M x R/I								
Húmeda -N / +I	25.2	220	10.8	0.44	27.4	20.3	47.7	59
Húmeda +N / +I	32.6	180	12.0	0.47	25.3	22.1	48.6	56
Húmeda +N / -I	21.3	208	13.5	0.47	24.1	18.0	42.1	60
Húmeda -N / -I	36.7	350	9.8	0.46	29.3	25.8	55.1	56
Seca -N / +I	24.7	200	7.4	0.42	23.1	18.5	41.6	60
Seca +N / +I	15.6	190	8.2	0.33	25.5	20.3	45.9	60
Seca +N / -I	19.7	190	9.3	0.43	22.4	15.6	36.9	64
Seca -N / -I	33.7	210	8.4	0.41	26.6	15.4	42.0	66
ANDEVA	ns	ns	1*	1	ns	ns	ns	ns
DMS 5 %			0.8	0.4				
H x G								
Húmeda Desarrural 1K	46.9	190	13.7	0.51	31.6	15.5	47.0	68
Húmeda Puebla 152	45.3	190	11.9	0.59	16.0	41.9	57.8	28
Húmeda A 76-2	12.0	260	10.4	0.34	27.2	13.0	40.1	69
Húmeda A 80-2	11.6	220	10.1	0.40	32.5	16.0	48.5	67
Seca Desarrural 1K	30.0	180	8.4	0.49	29.1	12.4	41.5	70
Seca Puebla 152	39.3	180	8.7	0.61	16.2	35.4	51.6	31
Seca A 76-2	12.0	200	8.1	0.27	24.5	11.9	36.4	69
Seca A 80-2	12.4	230	8.1	0.31	27.7	9.9	36.9	75
ANDEVA	ns	1*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DMS 5 %		26						

Abreviaciones: -N/+I (sin nitrógeno y con inóculo), +N/+I (con nitrógeno y con inóculo)
+N/-I (con nitrógeno y sin inóculo), -N/-I (sin nitrógeno y sin inóculo)

*, **, ns Significativo a los niveles de probabilidad 0.05, 0.01 y no significativo, respectivamente.

Cuadro 11. Medias de la condición de humedad, inoculación / fertilización nitrogenada y genotipo en las variables de rendimiento a la madurez fisiológica y días a floración y madurez fisiológica en el Experimento 1. El Zamorano, Honduras, 1982.

Tratamiento	Rendimiento					Días	
	kg/ha	Componentes			Floración	Madurez	
		NVP	NSV	PSCS (g)			
UMEDAD (H)							
Húmeda	1,855	11.6	4.3	18	37	71	
Seca	1,310	10.4	3.7	16	36	70	
ANDEVA	††	††	††	††	††	††	
NITRÓGENO/INOCULACIÓN (N/I)							
-N / +I	1,670	11.6	3.9	17	37	71	
+N / +I	1,679	12.6	4.1	18	37	70	
+N / -I	1,587	12.0	4.0	17	37	70	
-N / -I	1,496	11.4	3.9	17	37	70	
ANDEVA	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
GENOTIPO (G)							
Desarrural 11	1,449	8.0	3.6	24	35	64	
Puebla 152	1,374	6.2	4.3	19	44	81	
A 76-2	1,627	15.4	3.9	13	34	66	
A80-2	2,002	18.6	4.2	12	34	70	
ANDEVA	†	††	††	††	††	††	
DMB 6 %	389	5.4	0.4	1.2	0.6	2.1	

Abreviaciones : -N/+I (sin nitrógeno y con inóculo), +N/+I (con nitrógeno y con inóculo)
 +N/-I (con nitrógeno y sin inóculo), -N/-I (sin nitrógeno y sin inóculo)

†, ††, ns Significativo a los niveles de probabilidad 0.05, 0.01 y no significativo, respectivamente.

Cuadro 11 (continuación).

Tratamiento	Rendimiento				Días a	
	kg/ha	Componentes			Floración	Madurez
		WVP	NSV	PSCS (g)		
H x N/I						
Húmeda -N / +I	1,881	13.2	4.0	18	36	70
Húmeda +N / +I	2,044	14.6	4.4	19	36	71
Húmeda +N / -I	1,854	15.4	4.4	18	37	71
Húmeda -N / -I	1,643	11.2	4.2	17	37	71
Seca -N / +I	1,459	10.2	3.8	17	36	71
Seca +N / +I	1,353	10.6	3.7	17	38	69
Seca +N / -I	1,320	9.8	3.6	17	38	70
Seca -N / -I	1,318	11.4	3.7	16	37	69
ANDEVA	ns	ns	†	ns	ns	ns
DMS 5 %			1.01			
H x G						
Húmeda Desarrural 1E	1,470	5.6	3.9	24	35	64
Húmeda Puebla 152	1,965	8.0	4.6	21	44	81
Húmeda A 76-2	1,816	17.8	4.2	13	34	65
Húmeda A 80-2	2,172	20.2	4.4	13	34	73
Seca Desarrural 1E	1,428	7.6	3.3	24	31	64
Seca Puebla 152	763	4.6	3.9	18	45	81
Seca A 76-2	1,438	12.8	3.7	13	35	67
Seca A 80-2	1,831	16.3	3.9	12	35	66
ANDEVA	†	ns	ns	ns	ns	ns
DMS 5 %	550					

Abreviaciones : -N/+I (sin nitrógeno y con inóculo), +N/+I (con nitrógeno y con inóculo)
+N/-I (con nitrógeno y sin inóculo), -N/-I (sin nitrógeno y sin inóculo)

WVP= número de vainas/planta, NSV= número de semillas/vaina, PSCS= peso seco de 100 semillas

†, ††, ns Significativo a los niveles de probabilidad 0.05, 0.01 y no significativo, respectivamente.

entre sí. El peso seco de los nódulos (PSN) fue mayor en el tratamiento testigo. En las parcelas con N se obtuvieron los valores más altos de PSF y PSR mientras que en las inoculadas los más bajos. No se observó ningún efecto en las variables de rendimiento.

Con relación a la interacción H x N/I, se observó un incremento en el NVP, PSF y PSR en las parcelas húmedas y fertilizadas con N, mientras que en las inoculadas en la condición seca se obtuvieron los valores más bajos. Las parcelas con inóculo y N tuvieron los valores más altos en la condición húmeda pero los más bajos en la seca.

Los genotipos de P. acutifolius presentaron mayor PSN y NVP que los de P. vulgaris; por el contrario, el NN, NSV y PSCS fueron superiores en esta última especie. El genotipo 'A 80-2' (P. acutifolius) obtuvo el mayor rendimiento y presentó un índice de cosecha (IC) superior a los otros tres genotipos.

En la condición húmeda todos los genotipos con riego (excepto 'Desarrural 1R') tuvieron los mejores rendimientos, lo mismo que 'A 80-2' en la condición seca. 'Desarrural 1R' fue similar en las dos condiciones, 'Puebla 152', un genotipo de madurez tardía, fue el más afectado en todas sus variables; su rendimiento se redujo de 1,965 kg/ha en la condición húmeda a 783 kg/ha en la condición seca. Los genotipos de P. acutifolius alcanzaron los valores más altos en PSN en ambas condiciones de humedad.

Los genotipos de P. acutifolius respondieron mejor a la aplicación de N en la condición húmeda. 'A 80-2' en los tratamientos con N y testigo en la condición seca, superó a los genotipos de P. vulgaris en la condición húmeda, independientemente del tratamiento con N/I.

Los resultados del análisis del contenido de N del follaje (NF) y de raíces (NR) no mostraron diferencias debido a efectos de los tratamientos de H, N/I o su interacción. Las diferencias en el contenido de N y su concentración se asocian a la diferencia entre genotipos.

Hubo una alta variación experimental. Dos repeticiones fueron eliminadas debido a condiciones climáticas y al ataque de pulgones (Trips tabaci) en la etapa de crecimiento VI. Esto afectó la precisión experimental para detectar respuesta a los tratamientos de N/I.

EXPERIMENTO 2

Los resultados del ANDEVA para el Experimento 2 se resumen en el Cuadro 12. Los resultados de la separación de medias (DMS) para los factores individuales y su interacción se presentan en los Cuadros 13 y 14.

Al igual que en el experimento anterior, se observaron diferencias, en la época de floración, debidos a la aplicación de N o de inóculo, en las variables NN, PSN y PSF. La nodulación fue reducida cuando se aplicó N pero se

Cuadro 12. Significación de los valores F para las variables de nodulación, contenido de N, rendimiento y etapas fenológicas de dos genotipos de frijol común y dos de frijol tepari con tratamientos de nitrógeno/inoculación y un testigo (sin N y sin inóculo), Experimento 2. El Zamorano, Honduras, 1988.

Variable	Fuente de variación - ANDEVA			
	N/I	G	NxG	CV %
Número nódulos-R6	1	11	1	16.3
Peso seco nódulos-R6	11	11	ns	86.9
Peso seco follaje-R6	1	11	ns	16.7
Peso seco de raíz-R6	ns	ns	ns	11.7
N semilla (ng/pl)-R8	ns	11	ns	27.8
N follaje (ng/pl)-R8	ns	11	ns	30.5
N planta (ng/pl)-R8	ns	11	ns	22.4
Índice Cosecha N-R8	ns	11	1	25.4
Rendimiento (kg/ha)-R9	ns	11	ns	19.8
Vainas/pl-R9	ns	11	ns	28.1
Semillas/vaina-R9	ns	11	ns	12.1
Peso seco 100 semillas-R9	ns	11	ns	14.4
Días a floración-R5	ns	11	ns	1.4
Días a madurez-R9	ns	11	ns	2.4

N/I= nitrógeno/inoculación, G= genotipo, N/IxG= nitrógeno/inoculación x genotipo

Etapas fenológicas : R6= Floración, R8= Llenado de grano
R9= Madurez fisiológica

1, 11, ns Significativo a los niveles de probabilidad de 0.05, 0.01 no significativo, respectivamente.

Cuadro 11. Medias de genotipo, inoculación / fertilización nitrogenada en las variables de nódulos por planta y peso seco de nódulos, raíces y follaje en la etapa R6 (floración) y contenido de nitrógeno en la etapa R8 (llenado de grano), Experimento 2. El Zarzano, Honduras, 1988.

Tratamiento	Peso seco / planta				Nitrógeno			
	Nódulos por planta	Nódulos (ag)	Follaje (%)	Raíz (%)	ag/pl		Índice cosecha	Índice (%)
					Follaje	Semilla		
NITRÓGENO/INOCULACION (N/I)								
-N / +I	41.5	582	11.3	0.64	43.6	18.9	62.5	31
+N / -I	16.6	107	13.1	0.63	45.1	19.2	64.3	30
-N / -I	32.9	424	11.3	0.64	35.3	19.2	54.5	31
ANDEVA	†	††	†	ns	ns	ns	ns	ns
DMS 5 %	16.6	23.2	1.4					
GENOTIPO (G)								
Desarrural 1R	56.9	424	9.9	0.66	42.4	8.9	51.4	17
Puebla 152	54.4	456	9.3	0.61	46.5	10.9	57.5	19
A 76-2	4.7	270	14.0	0.61	27.2	30.5	57.7	53
A 80-2	5.3	336	14.3	0.64	49.1	26.6	75.7	37
ANDEVA	††	ns	††	ns	††	††	††	††
DMS 5 %	19.2		1.7		10.5	4.4	14.9	6.4
N / I x G								
-N/+I Desarrural 1	84.1	655	10.2	0.74	41.5	9.5	49.0	15
-N/+I Puebla 152	68.5	698	8.3	0.60	54.5	13.3	67.8	20
-N/+I A 76-2	4.9	324	14.1	0.53	22.6	32.5	55.1	60
-N/+I A 80-2	6.3	653	12.8	0.63	55.3	22.3	78.6	30
+N/-I Desarrural 1	44.9	225	10.5	0.67	46.2	9.2	55.4	16
+N/-I Puebla 152	15.4	49	10.4	0.62	45.5	13.3	58.8	22
+N/-I A 76-2	2.2	44	15.3	0.60	30.2	27.8	58.0	47
+N/-I A 80-2	4.0	111	16.5	0.62	52.2	28.6	80.8	35
-N/-I Desarrural 1	41.8	392	9.1	0.64	49.6	10.2	49.8	20
-N/-I Puebla 152	79.5	621	9.4	0.61	39.6	6.4	46.0	35
-N/-I A 76-2	7.0	441	12.9	0.64	38.8	31.4	60.1	53
-N/-I A 80-2	3.4	243	13.6	0.66	33.4	23.2	62.2	42
ANDEVA	†	ns	ns	ns	ns	ns	ns	†
DMS 5 %	33.3							11.1

Abreviaciones : -N/+I (sin nitrógeno y con inóculo), +N/-I (con nitrógeno y sin inóculo)
-N/-I (sin nitrógeno y sin inóculo).

†, ††, ns Significativo a los niveles de probabilidad 0.05, 0.01 y no significativo, respectivamente.

Cuadro 14. Medias de genotipo, inoculación / fertilización nitrogenada en las variables de rendimiento a la madurez fisiológica y en días a floración y madurez fisiológica, Experimento 2, El Zaorano, Honduras, 1988.

Tratamiento	Rendimiento					
	kg/ha	Componentes			Días	
		NVP	NSV	PSCS (g)	Floración	Madurez
NITROGENO/INOCULACION (N/I)						
-N / +I	1,571	17.3	5.1	17.1	34.2	71.9
+N / -I	1,818	20.0	5.3	18.7	34.1	71.5
-N / -I	1,729	16.8	5.1	18.0	34.1	72.4
ANOVA	ns	ns	ns	ns	ns	ns
GENOTIPO (G)						
Desarrollal 1R	1,319	9.6	5.3	21.3	33.3	70.4
Puebla 152	1,719	15.5	5.7	23.1	39.0	81.4
A 76-2	1,382	16.3	4.7	14.3	32.2	68.6
A 80-2	2,405	30.7	4.9	13.0	32.0	67.7
ANOVA	**	**	**	**	**	**
DMS 5 %	261	4.2	0.56	2.1	0.4	1.4
N / I x G						
-N/+I Desarrollal 1R	1,152	9.0	5.3	18.4	33.8	70.3
-N/+I Puebla 152	1,716	15.3	5.5	23.1	39.0	81.3
-N/+I A 76-2	1,489	16.8	4.8	14.2	32.0	68.3
-N/+I A 80-2	1,926	28.3	5.0	12.6	32.0	67.8
+N/-I Desarrollal 1R	1,500	10.8	5.8	22.6	33.3	70.0
+N/-I Puebla 152	1,833	16.0	5.8	21.7	39.0	81.5
+N/-I A 76-2	1,318	16.0	4.8	14.6	32.0	67.0
+N/-I A 80-2	2,622	37.9	4.8	12.9	32.0	67.6
-N/-I Desarrollal 1R	1,304	9.0	5.0	23.0	33.0	70.0
-N/-I Puebla 152	1,607	15.3	5.8	21.6	39.0	81.5
-N/-I A 76-2	1,338	16.3	4.5	14.1	32.5	70.3
-N/-I A 80-2	2,667	28.8	5.0	13.5	32.0	67.8
ANOVA	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Abreviaciones : -N/+I (sin nitrógeno y con inóculo), +N/-I (con nitrógeno y sin inóculo)
-N/-I (sin nitrógeno y sin inóculo).

NVP= número de vainas/planta, NSV= número de semillas/vaina, PSCS= peso seco de 100 semillas

*, **, ns Significativo a los niveles de probabilidad 0.05, 0.01 y no significativo, respectivamente.

incrementó con la inoculación. Las plantas se desarrollaron mejor con la aplicación de N.

Se apreciaron diferencias entre las dos especies en el NN, los genotipos de P. vulgaris tuvieron hasta 10 veces más nódulos que los genotipos de P. acutifolius. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas para el PSN. P. acutifolius tuvo un menor número de nódulos, pero estos fueron de mayor tamaño que los de P. vulgaris.

El rendimiento, al igual que en el Experimento 1, fue diferente dependiendo del genotipo. 'A 80-2' obtuvo el rendimiento más alto (2,405 kg/ha) seguido por 'Puebla 152'. En cuanto a los componentes de rendimiento, los genotipos de P. vulgaris tuvieron mayor NSV y PSCS mientras que los de P. acutifolius obtuvieron un mayor NVP.

Para la interacción N/I x G sólo existieron diferencias significativas para el NN e IC; en esta última variable, el genotipo 'A 76-2' fue superior al genotipo 'A 80-2' y ambos sobrepasaron a los genotipos de P. vulgaris.

Debido a las diferencias entre las especies, el coeficiente de variación fue alto para el número y peso seco de los nódulos aunque esta variabilidad se observa frecuentemente en ensayos de campo. En este experimento, la precisión aplicada a los tratamientos de N/I y G fueron iguales ya que se condujo en un diseño de Bloques Completos al Azar.

Experimento 3

Un resumen del ANDEVA para las variables evaluadas en el Experimento 3, se presenta en el Cuadro 15. Los resultados de la separación de medias para factores individuales y sus interacciones se presentan en los Cuadros 16 y 17. Las siguientes observaciones están basadas en estos tres cuadros.

A las parcelas en la condición "seca" se les suspendió el riego a partir de los 29 DDS. Se observaron diferencias significativas debido a la condición de humedad para PSF, IC, rendimiento, NVP, PSCS y DF, siendo superiores en la condición "húmeda" (113 mm de agua más que la "seca"). En la Figura 1 se observan las lecturas de los bloques de yeso a 15, 30 y 45 cm de profundidad, siendo el de 15 cm el que paulatinamente obtuvo el valor más bajo, lo cual nos indica que el estrés de sequía en el experimento fue el adecuado. Al igual que en los ensayos anteriores, se observaron diferencias entre los genotipos. 'Desarrural 1R' alcanzó los valores más altos para las variables NN, PSN, PSF y PSR, contenido de N en el follaje (NF), semillas (NS) y N total de la planta (NTP), IC, NSV y PSCS; mientras que el genotipo 'A 80-2' fue superior en NVP y presentó los valores más bajos de potencial hídrico indicando su mayor tolerancia en las condiciones con estrés de agua. No hubo diferencias en rendimiento.

Cuadro 16. Significación de los valores P para las variables de nodulación, crecimiento, contenido de N, rendimiento y potencial hídrico (2da hoja trifoliada) de dos genotipos de frijol común y dos de frijol tepari cultivados bajo diferentes tratamientos de nitrógeno/inoculación y dos condiciones de humedad, Experimento 3. El Zarzoso, Honduras, 1982.

Variable	Fuente de variación - ANDEVA							
	E	G	HxG	N/I	HxN/I	N/IxG	HxN/IxG	CV%
Número nodulos-R6	ns	†	ns	ns	ns	ns	ns	51.5
Peso seco nodulos-R6	ns	††	†	††	†	††	††	36.2
Peso seco follaje-R6	††	††	ns	†	ns	ns	ns	16.3
Peso seco de raíz-R6	††	††	†	ns	ns	ns	ns	11.2
N semilla (ug/pl)-R8	ns	††	†	ns	ns	ns	ns	35.9
N follaje (ug/pl)-R8	††	ns	ns	††	ns	ns	ns	29.1
N planta (ug/pl)-R8	††	†	†	††	ns	ns	ns	25.6
Índice cosecha N-R8	††	††	ns	†	ns	ns	ns	30.2
Rendimiento (t/ha)-R9	††	ns	ns	††	ns	†	ns	14.5
Vainas/pl-R9	††	††	ns	†	ns	ns	†	22.6
Semillas/vaina-R9	ns	††	ns	†	ns	ns	ns	10.6
Peso seco 100 semillas-R9	††	††	††	††	ns	††	††	2.6
Días a floración-R6	ns	ns	ns	†	ns	ns	ns	1.8
Días a madurez-R9	††	††	†	ns	ns	ns	ns	1.2
Potencial hídrico (39días)	ns	†††	ns	ns	†	†	†	24.8
Potencial hídrico (60días)	ns	†	†††	ns	††	ns	ns	11.3

E= humedad (seca y húmeda), G= genotipo, HxG= humedad x genotipo
 N/I= nitrógeno/inoculación HxN/I= humedad x nitrógeno/inoculación
 GxN/I= genotipo x nitrógeno/inoculación
 HxN/IxG= humedad x nitrógeno/inoculación x genotipo

Etapas fenológicas : R6= Floración, R8= Llenado de grano
 R9= Madurez fisiológica

†, ††, ns Significativo a los niveles de probabilidad de 0.05, 0.01 y no significativo, respectivamente.

Cuadro 16. Medias de la condición de humedad, inoculación/ fertilización nitrogenada genotipo en las variables de módulos por planta y peso seco de los módulos follaje y raíz en la etapa R6 (floración) y contenido de nitrógeno en la etapa R8 (llenado de grano), Experimento 3. El Zamorano, Honduras, 1988.

Tratamiento	Peso seco / planta				Nitrógeno			
	Módulos por planta	Módulos (ag)	Follaje (g)	Raíz (g)	ng/pl		Índice cosecha (%)	
					Follaje	Semilla		Total
Humedad (H)								
Húmeda	1.2	77.7	3.0	0.82	33.6	3.8	42.4	21
Seca	5.8	65.0	7.6	0.61	19.7	8.7	28.4	31
ANOVA	ns	ns	**	**	**	ns	**	**
Genotipo								
Desarrural 1R	10.6	122.1	3.9	0.66	27.2	12.2	39.5	33
A 80-2	2.4	20.6	7.7	0.58	26.1	5.3	31.3	18
ANOVA	**	**	**	**	ns	**	*	**
NITROGENO/INOCULACION (N/I)								
-N / +I	6.7	106.8	7.5	0.70	24.4	7.6	32.0	24
+N / +I	3.2	53.5	3.4	0.76	31.7	7.9	39.6	22
+N / -I	5.9	32.9	9.0	0.72	29.2	10.6	39.8	26
-N / -I	6.1	92.2	8.4	0.69	21.3	8.9	30.2	31
ANOVA	ns	**	ns	ns	**	ns	**	*
DMS 5 %		18.5			5.7		6.5	5.6
H x G								
Húmeda Desarrural 1R	12.2	143.3	3.5	1.00	36.4	13.5	49.8	27
Húmeda A 80-2	2.1	12.1	8.5	0.64	30.9	4.2	35.0	14
Seca Desarrural 1R	8.9	100.8	8.3	0.71	18.1	11.0	29.1	39
Seca A 80-2	2.7	29.2	6.9	0.61	21.3	6.4	27.6	23
ANOVA	ns	*	*	*	ns	*	*	ns
DMS 5 %		32.8	0.9	0.1		1.8	1.8	

Abreviaciones : -N/+I (sin nitrógeno y con inóculo), +N/+I (con nitrógeno y con inóculo)
 +N/-I (con nitrógeno y sin inóculo), -N/-I (sin nitrógeno y sin inóculo)

*, **, ns Significativo a los niveles de probabilidad 0.05, 0.01 y no significativo, respectivamente.

Cuadro 16 (continuación).

Tratamiento	Peso seco / planta				Nitrógeno			Índice cosecha (%)
	Nódulos por planta	Nódulos (mg)	Follaje (g)	Raíz (g)	mg/pl			
					Follaje	Semilla	Total	
E x N/E								
Húmeda -N/+I	7.2	131.9	8.2	0.83	31.2	8.5	40.2	20
Húmeda +N/+I	10.0	50.4	9.1	0.86	42.3	7.0	49.3	14
Húmeda +N/-I	4.9	25.9	9.3	0.80	35.1	10.9	46.0	22
Húmeda -N/-I	5.5	102.7	9.4	0.80	25.3	8.9	34.2	26
Seca -N/+E	6.3	21.7	7.7	0.57	17.0	6.7	23.8	28
Seca +N/+I	6.3	56.5	7.7	0.66	21.1	6.2	27.3	29
Seca +N/-I	5.0	39.9	8.7	0.65	23.4	10.3	33.6	30
Seca -N/-I	5.7	81.8	7.3	0.57	17.3	6.2	23.0	25
ANDEVA	ns	††	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DMS 5 %		26.2	ns	ns	ns	ns	ns	ns
G x N/I								
Desarrollal IR -N/+I	10.7	134.9	8.1	0.35	24.4	10.9	35.3	33
Desarrollal IR +N/+I	13.7	86.4	8.6	0.90	32.0	11.4	43.4	30
Desarrollal IR +N/-I	7.6	53.4	9.4	0.85	31.7	14.9	46.6	32
Desarrollal IR -N/-I	10.0	153.6	9.7	0.82	20.8	11.7	32.5	38
A 80-2 -N/+I	2.7	28.7	6.8	0.55	24.4	4.3	28.7	16
A 80-2 +N/+I	2.6	20.5	8.1	0.62	31.4	4.4	35.8	14
A 80-2 +N/-I	2.1	12.4	8.7	0.60	26.8	6.3	33.1	19
A 80-2 -N/-I	2.2	20.9	7.1	0.55	21.8	6.0	27.8	24
ANDEVA	ns	††	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DMS 5 %		26.2	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Abreviaciones: -N/+I (sin nitrógeno y con inóculo), +N/+I (con nitrógeno y con inóculo)
 +N/-I (con nitrógeno y sin inóculo), -N/-I (sin nitrógeno y sin inóculo)

†, ††, ns Significativo a los niveles de probabilidad 0.05, 0.01 y no significativo, respectivamente.

Cuadro 17. Medias de la condición de humedad, inoculación/ fertilización nitrogenada y genotipo en las variables de rendimiento, días a floración, madurez fisiológica y potencial hídrico, Experimento 3, El Zamorano, Honduras, 1988.

Tratamiento	Rendimiento						Potencial hídrico (barias)	
	kg/ha	Componentes			Días a		39 dds	60 dds
		NVP	NSV	PSCS (g)	floración	madurez		
HUMEDAD (H)								
Húmeda	1,902	17.0	4.8	23.9	35	76	-3.75	-8.01
Seca	1,268	10.7	5.0	20.4	36	66	-4.53	-9.35
ANDEVA	**	**	ns	**	**	**	ns	†
GENOTIPO								
Desarrural IR	1,358	8.0	5.3	30.2	36	70	-4.97	-7.23
A 80-2	1,612	19.8	4.5	14.1	36	72	-3.31	-10.13
ANDEVA	ns	**	**	**	ns	**	***	***
NITROGENO/INOCULACION (N/I)								
-N / +I	1,402	11.4	5.3	22.0	36	71	-4.63	-6.39
+N / +I	1,775	15.6	4.7	22.3	36	72	-2.88	-9.64
+N / -I	1,645	14.7	4.7	22.6	35	71	-5.31	-8.08
-N / -I	1,518	14.0	4.9	21.7	35	71	-3.74	-10.61
ANDEVA	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns
DNS 5 †	165	2.9	0.4	0.41				
H x G								
Húmeda Desarrural IR	1,541	9.4	5.3	33.5	36	76	-4.31	-9.00
Húmeda A 80-2	1,863	24.6	4.4	14.2	35	77	-3.69	-8.28
Seca Desarrural IR	1,176	6.5	5.3	26.9	36	65	-4.34	-8.33
Seca A 80-2	1,360	14.9	4.6	14.0	36	68	-4.19	-9.10
ANDEVA	ns	ns	ns	**	ns	**	ns	ns
DNS 5 †				0.84		1.17		

Abreviaciones : -N/+I (sin nitrógeno y con inóculo), +N/+I (con nitrógeno y con inóculo)
 +N/-I (con nitrógeno y sin inóculo), -N/-I (sin nitrógeno y sin inóculo)

*, **, ns Significativo a los niveles de probabilidad 0.05, 0.01 y no significativo, respectivamente.

Para Potencial Hídrico: †, **, ***, ns Significativo a los niveles de probabilidad 0.1, 0.05, 0.01 y no significativo, respectivamente.

Cuadro 17 (continuación).

Tratamiento	Rendimiento					Días a		Potencial hídrico (barbas)	
	kg/ha	Componentes			Floración	Madurez	39 dds	60 dds	
		NYP	NSV	PSCS (g)					
H x N/I									
Húmeda -N/+I	1,613	13.0	5.3	23.5	36	76	-4.40	-8.45	
Húmeda +N/+I	2,200	19.7	4.8	24.1	36	77	-2.93	-7.13	
Húmeda +N/-I	1,975	19.4	4.4	24.4	35	76	-4.13	-7.13	
Húmeda -N/-I	1,801	16.0	4.8	23.4	35	76	-3.55	-9.35	
Seca -N/+I	1,171	9.8	5.2	20.5	36	66	-4.23	-9.56	
Seca +N/+I	1,350	11.5	4.7	20.5	36	66	-4.45	-9.44	
Seca +N/-I	1,315	9.9	5.1	20.8	36	66	-4.60	-9.54	
Seca -N/-I	1,235	11.9	5.0	20.0	36	66	-4.83	-8.85	
ANDEVA	ns	ns	ns	ns	ns	ns	†	†	
DMS 5 %							0.87	1.27	
G x N/I									
Desarrural 1R -N/+I	1,456	7.3	5.7	30.4	36	70	-4.53	-7.43	
Desarrural 1R +N/+I	1,602	8.2	5.0	29.8	36	71	-4.60	-7.09	
Desarrural 1R +N/-I	1,675	8.3	5.1	30.8	36	70	-5.55	-6.55	
Desarrural 1R -N/-I	1,501	8.2	5.4	29.9	35	70	-5.20	-7.68	
A 80-2 -N/+I	1,348	15.4	4.8	13.6	36	73	-4.10	-10.59	
A 80-2 +N/+I	1,948	23.0	4.5	14.8	36	72	-2.78	-9.48	
A 80-2 +N/-I	1,616	21.1	4.3	14.5	35	73	-3.18	-10.11	
A 80-2 -N/-I	1,535	19.7	4.4	13.6	36	72	-3.18	-10.33	
ANDEVA	**	ns	ns	**	ns	ns	†	ns	
DMS 5 %	233			0.58			0.87		

Abreviaciones: -N/+I (sin nitrógeno y con inóculo), +N/+I (con nitrógeno y con inóculo)
+N/-I (con nitrógeno y sin inóculo), -N/-I (sin nitrógeno y sin inóculo)

NYP: número de vainas/planta, NSV: número de semillas/vaina, PSCS: peso seco de 100 semillas

†, **, ns Significativo a los niveles de probabilidad 0.05, 0.01 y no significativo, respectivamente.

Para Potencial Hídrico: †, **, ***, ns Significativo a los niveles de probabilidad 0.1, 0.05 0.01 y no significativo, respectivamente.

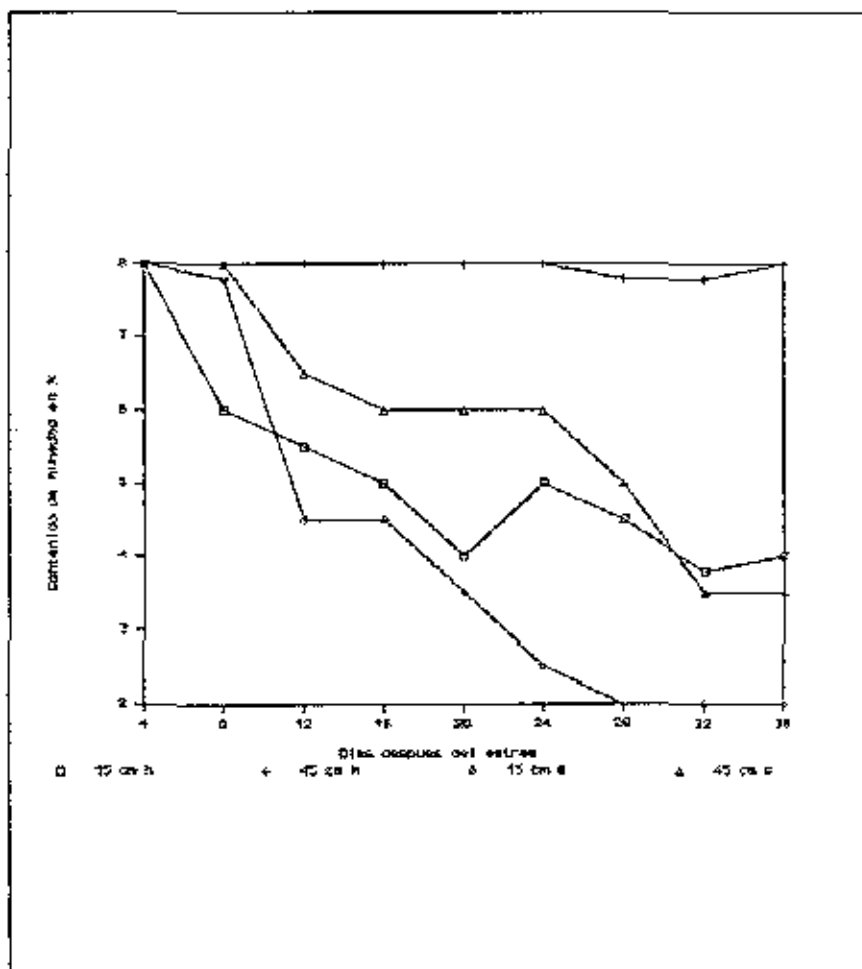


Fig. 1. Lecturas de bloques de yeso a 15 y 45 cm de profundidad en la condición húmeda (h) y seca (s), Experimento 3. El Zamorano, Honduras, 1988.

Se observó que la aplicación de N disminuye el PSN y la inoculación lo incrementa. El N indujo mayor crecimiento y concentración de N en la planta. El IC, NVP y PSCS del testigo fue el más alto.

En lo referente a la interacción de H x G, el genotipo 'Desarrural 1R' tuvo un PSN más bajo en la condición seca, lo contrario sucedió con el genotipo 'A 80-2'. El PSR de todos los genotipos fue inferior en la condición seca en relación a la condición húmeda, pero esta condición afectó más a los genotipos de frijol común.

Debido al estrés hídrico impuesto, la madurez fisiológica del genotipo 'Desarrural 1R' y 'A 80-2' fue más temprana. El rendimiento no tuvo ninguna diferencia estadística, aunque en el genotipo de P. vulgaris se redujo en un 40 % cuando se sometió a estrés hídrico mientras que el de P. acutifolius sólo se redujo en un 27 % .

El PSN en las plantas inoculadas fue mayor en cualquier condición de humedad y el genotipo 'Desarrural 1R' tuvo su mayor valor en las parcelas húmedas. En general, el PSN en el genotipo de P. vulgaris fue superior que el de P. acutifolius.

La aplicación de N en las parcelas con riego incrementó el PSN y PSCS en el genotipo 'Desarrural 1R' y tuvo el mismo efecto en el NVP para el genotipo 'A 80-2'.

DISCUSION

Es evidente que las dos especies de Phaseolus difieren en su respuesta a los efectos de la sequía. En el Experimento 1, debido a que sólo se tuvo estrés por sequía a partir de la etapa de llenado de grano, no hubo diferencias en su MF entre las dos especies; sin embargo, en el Experimento 3 se notó que el genotipo de P. vulgaris, 'Desarrural 1R', tuvo una MF ligeramente más temprana que el genotipo de P. acutifolius, 'A 80-2', en la condición "seca". Esto concuerda con los resultados de Ibarra (1987), quien encontró que en genotipos precoces de P. vulgaris se acelera la MF al ser sometidos a sequía. Zuluaga et al. (1987), señalaron que en genotipos de P. acutifolius se retarda más la MF en comparación con genotipos de P. vulgaris en condiciones de sequía.

El crecimiento y desarrollo de las plantas (PSF yPSR) se redujeron en las dos especies de Phaseolus debido a la sequía inducida; sin embargo, el genotipo de P. vulgaris fue el más afectado. Petersen (1985), encontró resultados similares en ensayos de campo e invernadero realizados con genotipos de ambas especies bajo estas condiciones limitantes de humedad.

Los resultados del Experimento 3 son semejantes a los obtenidos por Parsons y Howe (1984) al estimar el potencial

obtenidos por Parsons y Howe (1984) al estimar el potencial hídrico en la segunda hoja trifoliada. En ambas especies los valores de las lecturas bajaron tan pronto como lo hizo la humedad del suelo. Los valores más bajos fueron para el genotipo de P. acutifolius, lo que sugiere su mayor tolerancia a la falta de humedad en el suelo; sin embargo, Petersen (1985) encontró valores más bajos para genotipos de P. vulgaris.

En el experimento, se observó un marchitamiento más tardío en el genotipo de P. acutifolius que podría explicarse por el cierre parcial de sus estomas, la reducción en su tasa de respiración o una tasa fotosintética mayor. El PSR fue más afectado en los genotipos de P. vulgaris en la condición seca en comparación con los de P. acutifolius. Este puede ser indicativo de que una planta con un mayor sistema radical sea más tolerante a la sequía.

En el Experimento 3, el rendimiento y sus componentes NVP y PSCS fueron afectados por la condición de humedad. En el Experimento 1, estas mismas variables como también el NSV, fueron afectadas por las limitaciones de agua, lo que corrobora los resultados obtenidos por Zuluaga *et al.* (1987). Ellos explicaron que este hecho se debe a la existencia de suficiente humedad en el suelo, por lo que la planta puede sostener un mayor número de vainas, pero cuando las plantas están bajo estrés hídrico disminuye el NSV. En estudios realizados por Ibarra (1987) y Rodríguez (1987), se

encontraron resultados similares a los del Experimento 3. Los genotipos de *P. vulgaris* fueron los más afectados por la sequía. En el Experimento 1, el genotipo tardío 'Puebla 152' redujo su rendimiento en 60 % debido al estrés. Esto comprueba los datos reportados por Ibarra (1987) quien afirma que en variedades de frijol tardías se reduce más el rendimiento más que en las variedades precoces en lugares relativamente secos, aunque estos últimos presentan un potencial de rendimiento inferior a las tardías en condiciones con mayor humedad.

Los resultados obtenidos para las variables de nodulación (NN y PSN), contenido de N total en la planta e IC difieren entre los Experimentos 1 y 3. Debido a que en el Experimento 1 no hubo suficiente estrés en sequía, no se detectaron diferencias para el contenido de N e IC; así mismo, se observó una ligera superioridad en el PSF y PSR. La diferencia en el NN y el PSN, puede deberse a la forma de aplicación del inoculante. En el Experimento 1 se hizo en forma granular mientras que en el Experimento 3 fue en forma líquido. Aun así, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Gibson (1975), Sprent (1976a) y Fisher y Turner (1978) quienes encontraron reducciones debidas al efecto de la sequía en estas variables de nodulación. Esto nos permite reconfirmar que el proceso de infección y la nodulación requieren cantidades óptimas de humedad.

Por tratarse de especies diferentes, las cuales son

infectadas y noduladas por cepas de especies diferentes de Rhizobium, se observó que los genotipos de P. vulgaris alcanzaron un mayor NN, esto no afectó el PSN.

De acuerdo con resultados obtenidos en ensayos de este tipo (Weber, 1966; Franco, 1977; StClair et al., 1988) , la aplicación de N inhibe y la de inóculo incrementa el NN y el PSN. El elevado NN en el Experimento 2 puede deberse a que en la terraza 7 de Agronomía existen cepas nativas de Rhizobium específico para cada especie, puesto que ese ensayo no varió en relación con el Experimento 1 en la forma de aplicación del inoculante. Sin embargo, también pudo deberse a mejores condiciones de humedad y temperatura durante la época en la que se condujo el Experimento 2. El mayor incremento en la nodulación no siempre se expresa en incrementos en rendimiento y esta teoría concuerda con lo propuesto por Wynne, et al. (1987). La aplicación de N indujo a un mayor crecimiento y concentración de N en la planta. Según los resultados obtenidos en los Experimentos 1 y 3, parece ser que la inoculación con cepas efectivas de Rhizobium disminuye los efectos negativos del N en la nodulación. De acuerdo con Neyra (1986) y Adams et al. (1985) se requiere de la utilización de N inorgánico e inoculación para obtener los máximos rendimientos en el cultivo del frijol.

En el Experimento 2, en el que hubo la humedad deseada, se presentó una mejor respuesta a la inoculación de

P. vulgaris que se reflejó en el NN. El PSN fue mucho mayor que en la condición húmeda de los Experimentos 1 y 3, que en el Experimento 2. Este último experimento se condujo en condiciones más favorables de humedad (época lluviosa) lo cual favorece la nodulación (Sprent, 1981).

El genotipo de P. acutifolius respondió mejor a la fertilización nitrogenada e inoculación (N+I) en términos de incremento en el rendimiento. Rabie y Kumasawa (1978), informaron que el tratamiento N+I produjo mayor NVP en plantas de soya. En el presente estudio, esta aseveración fue más notoria en el genotipo de P. acutifolius.

CONCLUSIONES

En vista de los resultados obtenidos en los tres experimentos se concluye que :

1. La sequía afectó las variables de nodulación, crecimiento, rendimiento y algunos de sus componentes en los dos especies de Phaseolus.
2. Los genotipos de P. vulgaris fueron los más afectados en la condición seca.
3. El genotipo de P. acutifolius presentó valores más bajos en el potencial hidrico de sus hojas.
4. La aplicación de cepas efectivas de Rhizobium contrarrestan los efectos negativos de la aplicación de N en la nodulación. Por otro lado, la inoculación incrementa el número y peso seco de nódulos.
5. Un incremento en el número y peso seco de nódulos no siempre se refleja en un mayor rendimiento.
6. La aplicación de N inorgánico e inoculación fue necesaria para obtener los máximos rendimientos en los experimentos conducidos.

7. Una vez establecido el número de vainas, las plantas responden al estrés por sequía reduciendo el llenado de las semillas en la vaina.
8. Los genotipos tardíos de P. vulgaris son más afectados por la sequía que los genotipos precoces.
9. Los genotipos de P. acutifolius representan un buen potencial genético en programas de mejoramiento de frijol para resistencia a sequía.

RECOMENDACIONES

1. Seguir con este tipo de ensayos, para conocer mejor el comportamiento de las dos especies de Phaseolus en condiciones por estrés de agua.
2. Se propone efectuar programas de mejoramiento en las zonas para las cuales se están buscando nuevas y mejores variedades de frijol con mayor FBN, rendimiento y tolerancia a estrés hídrico.
3. Se recomienda usar genotipos precoces de P. vulgaris, puesto que estos tienen un potencial mayor de rendimiento en condiciones limitantes de humedad.
4. Se recomienda usar cepas efectivas de Rhizobium para cada especie y así tratar de comprobar los resultados obtenidos con el tratamiento de nitrógeno.

LITERATURA CITADA

- ADAMS, M. W.; COYNE, D. P.; DAVIS, J. C.; GRAHAM P. H.; FRANCIS, C. A. 1985. Common bean. In Grain legume crops. Ed. by R. J. Summerfield and E. H. Roberts. New York, EE. UU., Collins Publications. p. 433-476.
- ALLOS, H. F.; BARTHOLOMEW, W. V. 1959. Replacement of symbiotic fixation by available nitrogen. Soil Science 87:61-65.
- AWONAIKE, K. O.; LEA, P. J.; DAY, L. M.; ROUGHLEY, R. J.; NIFLIN, B. J. 1980. Effects of combined nitrogen on nodulation and growth of Phaseolus vulgaris. Experimental Agriculture 16:303-311.
- BECANA, M.; APARICIO-TEJO, P. M.; SANCHEZ-DIAZ, M. 1985. Nitrate metabolism of alfalfa root nodules under water stress. Journal Experimental Botany 37:138-145.
- BECANA, M.; APARICIO-TEJO P. M.; SANCHEZ-DIAZ, M. 1986. N₂ fixation (C₂H₂ reducing activity) and leghaemoglobin content during nitrate - and water - stress - induced senescence of Medicago sativa root nodules. Journal Experimental Botany 37:597-605.
- BEEBE, S.; RODRIGUEZ, R.; MASAYA, P. 1984. Dos estudios sobre el efecto de sequía en el frijol con variedades precoces y tardías en Jutiapa, Guatemala, 1983. In Resúmenes XXX Reunión PCCNCA. Managua, Nicaragua. Abril 30 - Mayo 5, 1983. 154p.
- BERGERSEN, F. J. 1977. Biological nitrogen fixation in farming systems of the tropics. In Biological nitrogen fixation. Ed. by A. Ayanaba and P. J. Dart. Chichester, U. K., Wiley. p. 151-165.
- BOWEN, J.; KRATKY, B. 1982. Nitrógeno: fijación biológica en las leguminosas tropicales. Agricultura de las Américas 31 (12):89-93.
- BOYER, J. S.; McPHERSON, H. H. 1975. Physiology of water deficits in cereal crops. Advances in Agronomy 27:1-23.

- BRADLEY, R. S.; et al. 1985. Manual de métodos sobre evaluación, selección y manejo de sistemas leguminosa-rizobio para aumentar la fijación de nitrógeno. Cali, Colombia, CIAT. 58 p.
- DOBEREINER, J.; RUSHEL, P. A. 1966. Nitrogen fixation in beans (Phaseolus vulgaris L.). Soil Science 16:145-158.
- DUQUE, F. F., NEVES, M. P.; FRANCO, A. A.; VICTORIA, R. L.; BODDEY, R. M. 1985. The response of field grown Phaseolus vulgaris to Rhizobium inoculation and quantification of N₂ fixation using ¹⁵N. Plant and Soil 88:333-343.
- EVANS, A. M. 1975. Genetic improvement of Phaseolus vulgaris. In Nutritional improvement of food legumes by breeding. Ed. by M. Milner. New York, EE. UU., Wiley. 399 p.
- FELIX, J. F., OBATON, M.; MESSIAEN, C. M.; SALSAC, L. 1981. Nitrate reductase and nitrogenase activities of common beans (Phaseolus vulgaris L.) from different geographic locations. Plant and Soil 63:427-438.
- FISHER, R. A.; TURNER, N. C. 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. Plant Physiology 29:277-317.
- FRANCO, A. A. 1977. Nutritional restraints for tropical grain legumes symbiosis. In Exploiting the legume-Rhizobium symbiosis in tropical agriculture. Ed by J. M. Vincent. University of Hawaii. College of Tropical Agriculture Miscellaneous Publications, 145. p. 237-255.
- GIBSON, A. H. 1975. Recovery and compensation by nodulated legumes in response to environmental stress. In Symbiotic nitrogen fixation in plants. Ed. by P. S. Nutman. London, U. K. Cambridge University Press. p 385-403.
- GRAHAM, P.; HALLIDAY, J. 1977. In Exploiting the legume-Rhizobium symbiosis in tropical Agriculture. University of Hawaii. College of tropical agriculture. Miscellaneous Publications, 145. p. 313-334.
- HAMDI, Y. A. 1985. La fijación de nitrógeno en la explotación de los suelos. Departamento de Microbiología. Instituto de Estudios de Suelos y Aguas. Centro de Investigaciones Agrícolas. Giza, República Arabe de Egipto. Roma, Italia, FAO, 253 p.

- HANSON, A. A. 1972. Breeding of grasses. In The Biology and utilization of grasses. Ed. by V. A. Younger and C. M. Mckell. New York, Academic Press. p 36-52.
- HASHIMOTO, K. 1976. The significance of nitrogen nutrition to the seed yield and its relating characters of soybeans. Bulletin Hokkaido National Agriculture Experimental Station 114:438-440.
- IBARRA, F. 1987. Efectos de sequía en características morfofisiológicas en genotipos de frijol en dos localidades de Durango, México. In Taller Internacional de tolerancia a sequía en frijol. CIAT, Cali, Colombia. 19-21 de octubre de 1987. Cali, Colombia, CIAT. p. 3-33
- JOHNSON, D. A., RUMBAUGH M. D.; ASAY, K. H. 1981. Plant improvement for semiarid rangolands: Possibilities for drought resistance and nitrogen fixation. In Soil water and nitrogen in mediterranean type environments. Ed. by J. Monteith and C. Webbs. Boston, EE. UU., Nijhoff. p 279-302.
- JORDAN, D. C. 1982. Transfer of Rhizobium japonicum Buchanan, 1980 to Bradyrhizobium gen. nov., a genus of slow - growing, root nodule bacteria from leguminous plants. Journal of Systematic Bacteriology 32:136-139.
- JORDAN, D. C.; ALLEN O. N. 1974. Family III. Rhizobium Conn 1938. In Bergey's Manual of Determinative Microbiology. 8 ed. Ed. by R. E. Buchanan and N. E. Gibson. Baltimore, EE. UU., Williams and Wilins. p. 261-264.
- JORDAN, W. R. 1970. Growth of cotton seedlings in relation to maximum daily plant-water potencial. Agronomy Journal 62:699-701.
- KRIEG, N. R.; HOLT G. J. 1984. Family III. Rhizobium Conn. 1938, In Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 9 ed. Ed. by R. E. Buchanan. Baltimore, EE.UU, Williams and Wilins. p. 158-168.
- KRAMER, P. J. 1974. Fifty years of progress in water relations research. Plant Physiology 54:463-471.
- LAING, D. R.; KRETCHMER, P. J.; ZULUAGA, S.; JONES, P.J. 1983. Field beans. In Potencial productivity of field crops under different environments. Ed. by R. H. Howe. Los Baños, The Philippines, IREI. p. 227-248

- LONERANGAN, J. F. 1975. The soil chemical environment in relation to symbiotic nitrogen fixation. Bulletin of Madison Agriculture Experimental Station. No 6009. p. 45-63.
- MARKHART, A. H. 1985. Comparative water relations of Phaseolus vulgaris L. and Phaseolus acutifolius Gram. Plant Physiology 77:113-117.
- MINCHIN, F. R.; PATE, J. S. 1975. Effect of water, aeration and salt regime on nitrogen fixation in a nodulated legume-definition of an optimum root environment. Journal Experimental Botany 26:60-69.
- NABHAN, G. P.; FELGER R. S. 1978. Teparies in Southwestern North America. A biogeographical and ethnohistorical study of Phaseolus acutifolius. Economic Botany 32:2-19.
- NEYRA, C. A. 1986. Nitrogen nutrition of grain legumes. In Biochemical basis of plant breeding. Ed. by C. A. Neyra. CRC Press, Florida. p. 131-143.
- NORMAN, A. G.; KRAMPTS, L. O. 1965. The nitrogen nutrition of soybean. II. Effects of available soil nitrogen fixation. Soil Science 9:191-196.
- NUTMAN, P. S. 1972. Influence of physical environmental factors on the activity of Rhizobium in soil and symbiosis. London, U. K., Rothamsted Experimental Station. 84 p.
- PAAN, A. S.; COWLES J. R. 1979. Effect of induced nodule senescence on parameters related to dinitrogen fixation, bacteroid size and nucleic acid content. Journal of General Microbiology 111:101-107.
- PARSONS, L. R. 1979. Breeding for drought resistance. What plant characteristics important resistance? HortScience 14(5):590-593.
- PARSONS, L. R.; HOWE T. K. 1984. Effects of water stress on the water relations of Phaseolus vulgaris and the drought resistance of Phaseolus acutifolius. Physiologia Plantarum 60:197-202.
- PETERSEN, A. C.; DAVIS, D. D. 1982. Yield response of Phaseolus vulgaris L. and Phaseolus acutifolius subjected to water stress. Bean improvement Cooperative Annual Report 25:53-54.

- PETERSEN, A. C. 1985. Effects of water stress on Phaseolus vulgaris L. and Phaseolus acutifolius Gray. var. latifolius Freeman. Ph. D. Thesis, University of Minnesota, St. Paul, Minnesota. 189 p.
- RABIE, R. K.; KUMASAWA K. 1978. Effect of nitrate application and shade treatment on the nitrogen fixation and yield of soybean plant. *Soil Science* 25:467-476.
- RAMOS, F. T. 1986. Resumen de la situación actual del cultivo del frijol en Honduras. Problemas, avances y proyecciones para el período 1986-1990. Secretaría de Recursos Naturales, Programa Nacional de Investigación Agrícola, Programa Nacional de Frijol. Ed. por L. Alvarado. Tegucigalpa, Honduras, Secretaría de Recursos Naturales. 32 p.
- REITZ, L. P. 1974. Breeding for more efficient water use, is it real or a mirage? *Agriculture Meteorology* 14:3-11.
- RITCHIE, J. T. 1974. Atmospheric and soil water influences on the plant-water balance. *Agriculture Meteorology* 14:183-198.
- RODRIGUEZ, R. 1987. Investigación para tolerancia a sequía en frijol. Guatemala. In Taller Internacional de tolerancia a sequía en frijol. CIAT, Cali, Colombia. 19-21 de octubre de 1987. Cali, Colombia, CIAT. p. 29.
- ROSAS, J. C.; BLISS, F. A. 1986. Mejoramiento genético de la capacidad de fijación biológica de nitrógeno en el frijol común. *Ceiba* 27 (1):95-104.
- ROUGHLEY, R. J. 1980. Environmental and culture aspects of the management of legumes and Rhizobium. *Advances in Legume Science* p. 97-101.
- RUSHEL, A. P.; SALATI, E.; BOSE P. V. 1982. Field evaluation of N₂ fixation and N utilization by Phaseolus bean varieties determined by ¹⁵N isotope dilution. *Plant and Soil* 65:397-407
- SINHA, S. K. 1978. Las leguminosas alimenticias: su distribución, su capacidad de adaptación y biología de rendimientos. Roma, Italia, FAO. 117 p.
- SPRENT, J. I. 1972. The effects of water stress on nitrogen-fixing root nodules. II. Effects on the fine structure of detached soybean nodules. *New Phytologist* 71:443-450.

- SPRENT, J. I. 1976a. Nitrogen-fixation by legumea subjected to water stress and light stress. In Symbiotic nitrogen-fixation in plants. Ed. by P. S. Nutman. London, U. K., Cambridge University Press. p. 405-420.
- SPRENT, J. I. 1976b. Water deficits and nitrogen-fixing root nodules. In Water deficits and plant growth. Ed. by T. T. Kazlowski. New York, EE. UU., Academic Press. p. 291-315.
- SPRENT, J. I. 1981. Nitrogen fixation. In The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Ed. by L. G. Poleg and D. Aspinall. Sidney, Australia, Academic Press. p. 131-143.
- STCLAIR, D. A.; WOLYER, D. S.; DuBOIS, J.; HURRIS, R. H.; BLISS, F. A. 1988. Field comparison of dinitrogen fixation determined with nitrogen -15- depleted and nitrogen -15- enriched ammonium sulfate in selected inbred backcross lines of common bean. *Crop Science* 28:773-778.
- THOMAS, C. V.; MARSHAT R. M.; WAINES I. G. 1983. The desert tepary as a food resource. Teparies as a source of useful traits for improving common beans. *Desert Plants* 5 (1):43-48.
- WEBER, C. R. 1966. Nodulating and nonnodulating soybeans isolines. II. Response to applied nitrogen and modified soil conditions. *Agronomy Journal* 56:46-49.
- WYNNE, J. C.; BLISS F. A.; ROSAS, J. C. 1987. Principles and practices of field designs to evaluate symbiotic fixation. In Symbiotic Nitrogen Fixation. Ed. by G. H. Elkan. New York, EE. UU., Marcel Dekker Inc.. p. 371-389.
- YOSHIDA, S. 1979. Effect of farm yard manure on the nitrogen nutrition of soybean. *Japan Journal of Crop Science* 48:17-24.
- ZULUAGA, S.; ELVIR, C. M.; RODRIGUEZ-SERRANO, C.; ERAZO, J. D. 1987. Investigaciones sobre tolerancia a sequía en frijol en Honduras. In Taller Internacional de tolerancia a sequía en frijol. CIAT, Cali, Colombia. 19-21 de octubre de 1987. Cali, Colombia, CIAT. p. 69-90.

DATOS BIOGRAFICOS DEL AUTOR

Nombres : Gonzalo Quillupangui Gaibor
Lugar de Nacimiento : Quito, Pichincha, Ecuador
Fecha de Nacimiento : 28 de agosto de 1964
Nacionalidad : Ecuatoriano
Educación.
 Secundaria : Col. "San Luis Gonzaga". Jesuitas
 Superior : Universidad Central del Ecuador, Quito
 1983-1984.
 Escuela Agrícola Panamericana, 1985-
 1987.
 Escuela Agrícola Panamericana, 1988-
 1989.
Títulos Recibidos : Agrónomo, Dobre. 1987.
Publicaciones : -Efecto del estrés hídrico en el
 llenado de grano en el frijol. 1989.
 -Respuesta de genotipos de Phaseolus a
 la inoculación y fertilización
 nitrogenada. 1989.
 -Influencia de la inoculación y
 fertilización nitrogenada en el
 rendimiento de tres especies de
 leguminosas. 1989.