

Comportamiento Agronómico del Frijol Común (Phaseolus vulgaris L.) bajo estrés de sequía impuesto en diferentes etapas de crecimiento

Introducción:	1505
FECHA:	23/01/91
ENCARGADO:	UABGAS

P O R

José Ramiro Moneada Paz

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
ABRIL DE 1990

BIBLIOTECA WILSON FOPENDE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 23
TEGUCIGALPA HONDURAS

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL FRIJOL COMUN
(Phaseolus vulgaris L.) BAJO ESTRES DE
SEQUIA IMPUESTO EN DIFERENTES
ETAPAS DE CRECIMIENTO

Por

José Ramiro Moncada Paz

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.



José Ramiro Moncada Paz

Abril - 1990

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo

A Dios. Gracias Señor por darme la fuerza y la voluntad para culminar con éxito esta faena.

Más que dedicarlo, quiero compartirlo con las personas que forman parte integral de mi vida, mis padres Zoila y Ramiro y mis hermanos Gustavo, Maribel, Ricardo, Janeth y Juan Ramón.

A Aracely. gracias por tu amistad y cariño, y sobre todo, gracias por ser como eres.

AGRADECIMIENTO

De manera muy especial quiero agradecer:

Al Dr. Juan Carlos Rosas por su confianza, sus consejos y su aporte intelectual en la realización de este trabajo.

A los Ingenieros Roberto A. Young, Raúl Espinal, Eduardo Robleto y Oswaldo Varela por su colaboración, y al personal del Departamento de Agronomía, en general, por su amistad.

A mis compañeros José Serracín y Alfredo Robleto por su gran ayuda, su amistad y por los buenos ratos.

A mis colegas Michael Sánchez, José Velarde, José Nieto, Marvin Mora y Alex Leiva por haber compartido los mejores y los peores momentos.

A un gran hermano Ricardo Moncada.

RECONOCIMIENTO

Trabajo financiado con fondos proporcionados por el Proyecto Universidad de Minnesota/Escuela Agrícola Panamericana (EAP) bajo el auspicio de USDA/USAID, acuerdo No. USDA-87-CRSR-2-3031, y el Departamento de Agronomía, EAP-El Zamorano, Honduras.

INDICE

	PAG.
Título	i
Derechos de Autor	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Reconocimiento	v
Indice	vi
Indice de Cuadros	vii
Indice de Figuras	ix
Indice de Apéndices	x
I INTRODUCCION	1
II REVISION DE LITERATURA	3
III MATERIALES Y METODOS	19
IV RESULTADOS Y DISCUSION	25
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
VI RESUMEN	41
VII LITERATURA CITADA	42
VIII APENDICES	45
IX DATOS BIOGRAFICOS DEL AUTOR	50
X APROBACION	51

INDICE DE CUADROS

	PAG.
CUADRO 1 Niveles de estrés hídrico y genotipos de frijol común utilizados en el Experimento 1, El Zamorano, 1989	21
CUADRO 2 Esquema del análisis de varianza de un diseño experimental de bloques completos al azar con parcelas divididas (factor A dividido en factor B).	21
CUADRO 3 Esquema del análisis de varianza de un diseño experimental de bloques completos al azar con parcelas divididas combinado sobre localidades o años	24
CUADRO 4 Valores promedios de las características fenológicas, rendimiento de grano y sus componentes e índice de cosecha de cuatro genotipos de frijol común crecidos bajo cuatro condiciones de estrés hídrico (Experimento 1). El Zamorano, Honduras	26
CUADRO 5 Coeficientes de correlación entre la longitud del periodo reproductivo, los componentes de rendimiento, índice de cosecha y rendimiento <u>per se</u> (Experimento 1). El Zamorano, Honduras.	28
CUADRO 6 Comparación de las medias geométricas de los promedios de rendimiento sin estrés y el rendimiento bajo estrés hídrico aplicado a los 20, 35 y 50 días después de la siembra en cuatro genotipos de frijol común (Experimento 1). El Zamorano, Honduras	30
CUADRO 7 Valores promedios de características fenológicas, rendimiento y sus componentes de seis genotipos de frijol común crecidos bajo cuatro condiciones de estrés hídrico (Experimento 2). El Zamorano, Honduras	31
CUADRO 8 Coeficientes de correlación entre la longitud del periodo reproductivo, los componentes de rendimiento y el rendimiento <u>per se</u> (Experimento 2). El Zamorano, Honduras	33

CUADRO 9	Comparaciones entre las medias geométricas de los promedios de rendimiento sin estrés y el rendimiento bajo estrés hídrico aplicado a los 20, 35 y 50 días después de la siembra de seis genotipos de frijol común. El Zamorano, Honduras	35
CUADRO 10	Valores promedios de rendimiento de grano y sus componentes de cuatro genotipos de frijol crecidos bajo cuatro condiciones de estrés hídrico (análisis combinado, Experimentos 1 y 2). El Zamorano, Honduras	37

INDICE DE FIGURAS

	PAG.
FIGURA 1 Precipitación mensual durante el periodo Enero 1989-Marzo 1990, El Zamorano, Honduras.	20
FIGURA 2 Efecto del estrés hídrico, impuesto en diferentes etapas de crecimiento en el rendimiento de cuatro genotipos de frijol común en dos épocas de siembra	38

INDICE DE APENDICES

	PAG.
APENDICE 1. Variables en estudio y observaciones tomadas en el transcurso del Experimento 1. El Zamorano, Honduras.	45
APENDICE 2. Variables en estudio y observaciones tomadas en el transcurso del Experimento 2. El Zamorano, Honduras.	47

I. INTRODUCCION

En la mayoría de países de América Latina, el frijol común (Phaseolus vulgaris) es uno de los cultivos de granos básicos de mayor importancia. Por su contenido proteico (18-25%), constituye un elemento de gran valor en la dieta humana. Esta proteína sustituye la proteína animal que, debido a su alto costo, a menudo no está disponible para la mayoría de la población.

En Honduras, la mayor parte del frijol que se consume como grano es producido en fincas con extensión superficial inferior a cinco hectáreas. El periodo principal de producción comprende la época llamada "postrera", durante la cual la cantidad de lluvia es decreciente, llegando a disminuir a tal grado que el cultivo experimenta periodos de estrés durante las etapas reproductivas, obteniéndose bajos rendimientos. El pequeño agricultor, por limitaciones económicas, en general no tiene acceso a las prácticas más adecuadas ni la tecnología más apropiada para incrementar la producción.

Con frecuencia, el estrés producido por la baja disponibilidad de agua para el crecimiento del cultivo impide que estos expresen su potencial de rendimiento. El agricultor prefiere materiales precoces que escapen a los efectos de la sequía; sin embargo, es posible encontrar genotipos tardíos que toleran condiciones de déficit hídrico con un mayor potencial de rendimiento que los materiales criollos. Adicionalmente, el uso de semilla mejorada es, probablemente,

la práctica de mayor aceptación por parte del pequeño agricultor, ya que su uso no involucra un incremento significativo en los costos de producción.

En los meses del año de menor precipitación, se condujeron dos experimentos de campo con el fin de determinar el comportamiento agronómico de genotipos de frijol bajo condiciones de estrés impuestas a diferentes etapas de crecimiento del cultivo, así como identificar si estos materiales poseen alguno de los mecanismos de tolerancia que puedan ser utilizados en programas de mejoramiento para tolerancia a sequía.

II. REVISION DE LITERATURA

La sequia es uno de los factores meteorológicos que, con frecuencia, limita la producción de varios cultivos. La cantidad, así como la distribución de las lluvias, son muy variables en diferentes localidades y épocas. Muchas regiones en el mundo están sujetas a sequía, pero la duración y la intensidad varían enormemente de una zona climática a otra. El tiempo de estrés hídrico puede ser tan importante como el grado de estrés (White, 1985). Un corto pero severo estrés puede no tener influencias sobre el rendimiento de grano si es impuesto durante el estado de desarrollo vegetativo; sin embargo, extensos periodos de estrés de menor severidad, en cualquier etapa fenológica, pueden tener una fuerte influencia sobre el rendimiento (Gardner et al., 1985).

No existe inmunidad a los efectos de sequia en las plantas. Solo la precipitación e irrigación pueden aliviar completamente los efectos que causan los periodos prolongados de estrés hídrico. Si hay limitaciones en el uso de riego, algunas prácticas culturales pueden mantener o incrementar la humedad en el suelo. Por medio del mejoramiento de variedades de cultivos o híbridos, es posible desarrollar algunos grados de tolerancia a los efectos de sequia; sin embargo, no hay prácticas confiables para incrementar la cantidad de agua disponible para los cultivos (Zuluaga et al., 1987).

Según Ibarra (1987), para definir el concepto de sequia hay que considerar la especie de planta, las condiciones

ambientales del lugar y las interacciones importantes de la relación agua-suelo-planta-atmósfera. La sequía puede ser definida como una condición en la cual la humedad del suelo necesaria para el crecimiento y desarrollo del cultivo no está disponible en la zona radical. El efecto del déficit hídrico en el crecimiento y rendimiento de los cultivos depende del grado de estrés y de la etapa de desarrollo en la cual ocurre (Hsiao y Acevedo, 1974; Sullivan y Eastin, 1974; citados por Shouse et al., 1981).

La sequía está comúnmente asociada con alta temperatura, siendo difícil separar los efectos de estos dos factores sobre los rendimientos de campo. Durante el desarrollo vegetativo el estrés hídrico reduce el crecimiento y por consiguiente el índice de área foliar (Kramer, 1974).

Si el estrés hídrico es severo y suficientemente largo, algunos procesos morfológicos y fisiológicos asociados con el crecimiento y desarrollo de un cultivo son afectados. Durante las etapas de crecimiento de un cultivo, el rango de estrés hídrico al que las plantas están usualmente sujetas afecta muchos procesos. De todos los procesos de las plantas, el crecimiento celular es el más susceptible al estrés de agua. La elongación celular es más sensible al estrés hídrico que la fotosíntesis, el cierre estomatal y la transpiración (Petersen, 1983).

El estrés hídrico reduce el crecimiento y el índice de Área foliar. Una reducción en el crecimiento de las hojas

indirectamente va a reducir la tasa de crecimiento vegetativo, ya que las hojas, que son el órgano fotosintetizador de la planta, interceptan menor cantidad de luz. Huck *et al.* (1986), observaron que la relación del área foliar y área foliar específica de plantas de soya irrigadas y no irrigadas fueron diferentes. El riego durante el desarrollo vegetativo incrementó el tamaño de los brotes pero tuvo poco efecto en el rendimiento.

McCree y Richardson (1987), sostienen que el déficit hídrico provoca cierre de los estomas, reduciendo los flujos de CO₂ y vapor de agua, lo que reduce la producción de materia seca. Según Cornic *et al.* (1987), los procesos estomáticos y no estomáticos de CO₂ neto absorbido por las hojas son afectados por el déficit hídrico.

Cowen y Milthorpe (1968) (citados por Morgan, 1980), concluyeron que durante el periodo de estrés hídrico la cantidad de agua perdida depende de la forma en la cual las células responden a la reducción en el potencial de agua. La razón de cambio de volumen relativo de las células o de contenido de agua con cambios en el potencial hídrico dependen de la elasticidad de la pared celular y el potencial osmótico inicial. La cantidad adecuada de agua para el mantenimiento de la presión de turgencia y volumen del protoplasto en el desarrollo de las células de las hojas, son factores importantes en la tasa de alargamiento de las hojas.

En estudios realizados por Yañez-Jiménez y Kohashi-

Shibata (1987), el estrés hídrico demoró el desarrollo del saco embrionario, mostrando comúnmente anomalías como necrosis, inmadurez y debilitamiento; también causó necrosis en la nucela y chalaza. Los óvulos de plantas de 21 a 25 días después de emergencia mostraron todas las anomalías mencionadas, y una severa degeneración del núcleo de los integumentos nucelares y carpelos. Ovulos de 25 días mostraron fuerte contracción del protoplasto. Las plantas fueron más afectadas por el estrés hídrico a los 21, 25 y 30 días después de la emergencia. A estas edades los ovulos son más susceptibles al estrés de agua porque el saco embrionario, totalmente diferenciado, tiene una pared celular delgada con abundante citoplasma.

El contenido de agua en el suelo afecta la nodulación y fijación de N_2 por Rhizobium phaseoli en asociación con Phaseolus vulgaris y la utilización de nitrógeno mineral por las plantas. Plantas que crecen en suelo húmedo producen dos veces lo que producen las que crecen en suelo seco (Saito et al., 1984).

Beeg y Turner (1976) (citados por Erazo, 1988) definen una planta resistente a sequía por su capacidad de evitar desarrollo del déficit hídrico o tolerarlo. Tolerancia a la sequía se puede definir como la habilidad de las plantas para crecer satisfactoriamente en áreas sujetas a períodos con déficit de agua; esto se puede considerar como una acción combinada de tolerancia, evasión y escape.

Parson y Howe (1984), sostienen que las plantas resistentes pueden usar algunos mecanismos para tolerar deshidratación. Estos incluyen reducción de la tasa de pérdida de agua por aumento de la resistencia estomática, reducción de la radiación absorbida por cambios en la posición de la hoja o reducción del área foliar. Otros mecanismos promueven el incremento de agua absorbida por un desarrollo a mayor profundidad del sistema radical o por un incremento en la translocación desde las raíces.

Quizenberry et al. (1983), definen escape a sequía como la habilidad de una planta para crecer y completar su ciclo de vida antes de que serios problemas a causa del estrés hídrico ocurran. Por otro lado Radin (1981), define escape como la habilidad de las plantas para mantener niveles favorables de agua por medio del incremento de la absorción de agua y reducción de la pérdida de la misma en un ambiente de alta evaporación.

Según Turner (1979), tolerancia a sequía se conoce como la habilidad de la planta de resistir periodos secos y de resistir bajos contenidos de agua en sus tejidos. Las plantas que utilizan el mecanismo de evasión intentan mantener un nivel normal de agua en los tejidos bajo condiciones de sequía. La planta que mantiene alto el potencial hídrico tiene mejor evasión a sequía.

Turner (1979) (citado por Schmidt, 1983), identificó tres mecanismos: (a) escape a sequía, (b) tolerancia a sequía con

alto potencial de agua en los tejidos y (c) tolerancia a sequía con bajo potencial de agua en los tejidos. Tolerancia a sequía con altos potenciales de agua se puede dar mediante la reducción de la transpiración y por mantener la absorción de agua. Los estomas de las hojas son capaces de influenciar algunos aspectos del metabolismo de las plantas y son de considerable importancia en las funciones vitales de almacenamiento y utilización de energía. Además actúan como un mecanismo de protección reduciendo la pérdida de agua a través del cierre estomatal durante periodos de déficit hídrico, o bien influenciando las tasas de fotosíntesis y respiración (Christiansen y Lewis, 1982). Krieg (1983),

observó que la reducción de los procesos bioquímicos es responsable por la reducción de la tasa fotosintética, a la cual los estomas responden manteniendo un óptimo intercambio de vapor de agua y CO_2 . Una baja frecuencia estomática fue asociada con alta tasa fotosintética en frijol. El número de estomas por unidad de área de la hoja varía entre genotipos dentro de las especies. Líneas que tienen baja frecuencia estomatal transpiran menos agua que líneas con más estomas; sin embargo, la frecuencia estomatal no afecta la tasa fotosintética (Miskin et al., 1972; citado por Christiansen y Lewis, 1982).

El control estomatal y el desarrollo cuticular pueden ser efectivos en reducir la pérdida de agua y por lo tanto reducir los efectos de altos déficits hídricos en los tejidos; cuando

el cierre de los estomas es completo, la reducción del intercambio de gases también reduce la fotosíntesis. Si el cierre estomatal persiste hay reducción en la productividad (Christiensen y Lewis, 1982).

La ventaja de mantener el agua en plantas sensibles al cierre estomatal se pierde si las plantas no tienen una alta resistencia cuticular a la pérdida de agua. La permeabilidad de la cutícula de las hojas es determinada completamente por la cantidad de cera cuticular. Los estomas pueden mantenerse abiertos todo el tiempo, y la turgencia se mantiene a través del ajuste osmótico. Reduciendo la tasa de transpiración o por el desarrollo del uso más eficiente de agua transpirada durante la fotosíntesis debería resultar en considerables incrementos en la productividad (McCree y Richardson, 1987).

Según Radin (1981), existen otros tipos de mecanismos de escape a sequía en los cuales la pérdida de agua es minimizada por senescencia de las hojas, cambios en la orientación de las hojas, incremento estomatal, resistencia cuticular a la transpiración y pubescencia que minimizan la radiación absorbida.

Turner (1979) (citado por Schmidt, 1983) afirma que la morfología puede ayudar en la tolerancia a sequía, con un alto potencial de agua, acelerando la senescencia y caída de las hojas y muerte de raíces, así como mediante la reducción de la expansión de la hoja y el incremento de la reflexión de energía por medio de la pubescencia foliar y cera

epicuticular. La intersección de la radiación puede reducirse por la orientación de la hoja.

Turner (1979), Hurd (1974) y McKay (1968,69), (citados por Schmidt, 1983), estudiaron la tasa de crecimiento radical la cual estuvo directamente asociada con precocidad. El incremento del peso radical debido a mayor profundidad de las raíces o mayor densidad de las mismas, cerca de la superficie, pueden ser indicadores de la habilidad de las plantas para mantener un alto potencial de agua por mayor extracción de agua del suelo.

El desarrollo radical y la cantidad de agua que las plantas absorben del suelo son relativamente estrechos. Un mayor desarrollo radical incrementa la eficiencia de absorción y resistencia relativa a la sequía. No existe relación entre la tasa de transpiración y la resistencia a sequía, pero la habilidad de las plantas a resistir los efectos de la sequía fue directamente proporcional a la densidad y extensión de raíces producidas (Quízenberry, 1982).

Tolerancia a sequía a bajos potenciales de agua se refiere a los mecanismos que utilizan las plantas, como ajuste osmótico, incremento de la elasticidad de los tejidos y reducción del tamaño celular, para ser capaces de mantener la turgencia. Algunas plantas tienen habilidad para regular la presión osmótica para mantener la absorción de agua bajo condiciones de déficit hídrico (Itoh et al., 1987).

Los efectos inhibidores del estrés de agua en el

crecimiento de las plantas pueden ser explicados de tal manera que el crecimiento celular depende de la presión de turgencia. El grado de turgencia de la célula está basado en la tasa relativa de absorción de agua de las raíces y pérdida de agua de los estomas. La presión de turgencia puede ser afectada por la atmósfera, suelo y factores intrínsecos de las plantas que modifican la tasa de absorción y transpiración; matemáticamente, es el resultado del potencial de agua en las hojas menos el potencial osmótico y un pequeño componente mátrico. Como el componente mátrico es cercano a cero y no tiene valor numérico significativo en la pérdida de agua, es prácticamente ignorado. El potencial de agua en las hojas decrece con el incremento en la presión de turgencia (Quizenberry, 1982).

McCree et al. (1987), notaron que algunas plantas se ajustan osmóticamente acumulando solutos cuando son expuestas a estrés hídrico. El ajuste osmótico tiene un efecto positivo en el balance diario de carbono de plantas bajo estrés, esto permite a las plantas fotosintetizar bajo un nivel bajo de potencial de agua en las hojas; sin embargo, puede haber un costo metabólico adicional de acumulación de solutos. Es así como los carbohidratos que son acumulados durante el ajuste no son usados en la síntesis de nueva biomasa.

Hsiao et al. (1976), Cutler y Rains (1978), Jones y Turner (1978), (citados por Parson y Howe, 1984), proponen que durante el estrés hídrico, la reducción en el potencial

osmótico puede ocurrir debido a concentración de solutos o acumulación activa de componentes osmóticos. El ajuste osmótico ha recibido mayor atención y se refiere a la acumulación activa de solutos en las células que reduce el potencial en los tejidos y ayuda a mantener la turgencia a un bajo potencial; por otro lado, aumenta la concentración causada por la pérdida de agua.

La diferencia de potencial puede ser parcial o totalmente eliminada por una reducción en el potencial osmótico debido a un incremento en la cantidad de solutos en el protoplasma. Esto puede significar que hay pequeños cambios en el potencial de turgencia y contenido de agua, y por lo tanto, en expansión, crecimiento y metabolismo. Hay evidencias que esto ocurre en las hojas, expansión de hipocótilos, y raíces (Morgan, 1980).

El ajuste osmótico confiere ciertas ventajas a plantas bajo estrés hídrico. Como resultado, el crecimiento celular puede continuar, células radicales exploran mayor volumen de suelo, la apertura estomática se reduce y la fotosíntesis puede continuar a mayor nivel de estrés (Parson y Howe, 1984). Itoh et al. (1987), afirmaron que la osmoregulación en tejidos de tallos depende de los solutos provenientes de los cotiledones porque la eliminación de los mismos inhibe notablemente la osmorregulación.

Parson y Howe (1984), determinaron que la mayor turgencia de frijol tepari (Phaseolus acutifolius) al bajo contenido

relativo de agua es causado por mayor elasticidad de los tejidos, acumulación activa de solutos o mayor concentración de estos. Por otro lado, las células pequeñas pueden ser más efectivas en mantener turgencia.

La morfología de las plantas puede influenciar la fotosíntesis y el transporte de carbono, esto además influye en el comportamiento fisiológico durante el periodo de desarrollo de las semillas, resultando en diferencias en rendimiento. Plantas arbustivas-pequeñas produjeron mayor número de vainas por m^2 pero fueron balanceados por el incremento del porcentaje de marchitez y aborto de semillas. Plantas arbustivas-altas produjeron mayor número de semillas por vaina, semillas por m^2 y mayor peso de semilla. El peso de semilla de los tipos arbustivos comparados se debe a la mayor duración del periodo de llenado (Izquierdo y Hosfield, 1983).

La actividad fotosintética de una planta verde es determinante en su tasa de crecimiento y productividad. El área foliar por planta y la tasa fotosintética por unidad de área son los dos componentes de la actividad fotosintética. El área foliar es muy sensible al estrés en muchas plantas y constituye la mayor limitante en la producción. La tasa fotosintética es totalmente sensible. La causa de la sensibilidad ha sido explicada por la limitada conducción estomática al intercambio de gases (Krieg, 1983).

Show y Laing (1966; citados por Eck et al., 1987) estudiaron el efecto del estrés en el número de vainas, granos

maduros por vainas y tamaño de semilla. Una máxima reducción en el número de vainas ocurrió debido al estrés desde la floración hasta el desarrollo de las vainas, con menor reducción durante el llenado del grano. El estrés aplicado durante la floración temprana o en la etapa final de llenado del grano no afectó el número de vainas. El efecto del estrés en el número de vainas fue aparentemente debido al aborto de flores, durante el período de mayor floración, y aborto de vainas durante el período de rápido crecimiento después de la floración. El número de granos maduros por vaina fue reducido por el estrés durante el llenado. La mayor reducción en el tamaño de la semilla ocurrió cuando el estrés fue impuesto durante el llenado de grano. Plantas bajo estrés durante la inducción a floración y florecidas producen menor número de flores, vainas y semillas. El estrés durante la formación temprana de vainas causa mayor reducción en el número de vainas y semillas a la cosecha. El rendimiento de grano fue reducido mayormente por el estrés durante la formación y llenado de vainas. De la misma manera, en el informe anual del CIAT (1987), se menciona que el período reproductivo es más crítico que los días a floración en la determinación del rendimiento. En términos de componentes de rendimiento el período reproductivo tuvo un ligero efecto en el número de semillas por vaina pero contribuyó más el tamaño de la semilla. Un período de llenado de vainas más largo dio como resultado vainas más llenas. Por otro lado, Adams (1982)

afirma que en plantas con mayor número de vainas, el número de semillas por vaina o el tamaño de la semilla declinan, de esta manera, se reduce el rendimiento.

Rodríguez (1987), observó que el número de vainas por planta es el componente de rendimiento que más se reduce bajo condiciones de humedad limitada, el peso de cien semillas es menos afectado y el número de semilla por vaina, es el último de los componentes afectado; concluyendo que el componente del cual más depende el rendimiento y es mayormente afectado por la sequía es el número de vainas por planta.

Según Adams (1982), el número de vainas, el componente de rendimiento más importante en todas las leguminosas de grano, es determinado por el número de hojas. El tamaño de la hoja está relacionado con el tamaño de la semilla a través de la influencia de tamaño de la vaina. El número de hojas está asociado negativamente con el tamaño de la semilla y número de vainas por planta. En plantas con alto número de vainas, el número de semillas por vaina o el tamaño de la semilla declinan.

Semillas de plantas han producido y sobrevivido balanceando la asimilación de carbono con pérdida de agua por transpiración durante el desarrollo, permitiendo suficiente desarrollo reproductivo para asegurar la producción de semilla viable y perpetuación de la especie. Una cantidad limitada de agua, provista a través del ciclo de vida de plantas verdes ha constituido una mejor presión de selección durante el

transcurso de la evolución. La respuesta de las plantas es definida como una función de desarrollo del área foliar y retención (Krieger *et al.*, 1984). Estudios realizados por el CIAT (1987), confirman la ventaja de rendimiento de materiales tardíos concluyendo que el rendimiento es una función del tamaño o capacidad de la fuente.

White (1985) plantea varias hipótesis para describir la dinámica de distribución de la materia seca. Una de ellas dice que las prioridades de acumulación de materia seca dependen de los pesos relativos de los tejidos. Si un cultivo tiene un desarrollo foliar demasiado abundante, este puede provocar una demanda suficientemente alta como para inhibir el crecimiento reproductivo. Según Rodríguez (1987), el efecto de compensación de los componentes de rendimiento es atribuido al crecimiento compensatorio que influye en la distribución de recursos limitantes del rendimiento afectados por factores genéticos y ambientales.

Izquierdo y Hostield (1983) afirmaron que el desarrollo de las semillas de frijol compiten por fotosíntatos de llenado puede ser asociada con la habilidad de prolongar la duración de la fotosíntesis.

Mahamadou *et al.* (1987) estudiaron la acumulación total de biomasa y rendimiento de semillas a madurez de cosecha las cuales fueron estrechamente relacionadas con la cantidad de agua aplicada.

Ray et al. (1974; citados por Schmidt, 1983), sugieren que un cultivo en regiones semiáridas tiene un modelo estacional de óptimo crecimiento. Los autores sugieren que los productores deberían seleccionar cultivares cuyo periodo de producción de grano coincide con el modelo estacional de máxima precipitación. El cultivar puede escapar al efecto de la sequía reduciendo el tiempo necesario para el periodo de llenado de grano. El desarrollo de las raíces y los patrones de enraizamiento también pueden proveer mecanismos de escape; esta alteración del sistema radical dependerá en menor grado del modelo estacional de precipitación y la localización de la humedad en el perfil de suelo.

Zuluaga et al. (1987) proponen que la tolerancia a sequía de algunos genotipos, en una zona ecológica determinada, se enmascara con problemas de adaptación y condiciones edáficas en otras zonas. Por lo tanto, la selección de genotipos de frijol tolerantes a sequía deben hacerse en las mismas zonas con problemas de estrés hídrico.

En algunas plantas cultivadas uno de los avances hechos para incrementar la productividad bajo estrés hídrico ha sido el incremento de la precocidad de los cultivos. En general, la precocidad resulta como escape a los efectos de la sequía lo cual no es un mecanismo verdadero de resistencia (Quizenberry, 1982).

Dada la necesidad de información confiable en mecanismos específicos de resistencia a sequía, los fitomejoradores aún

se basan en selección por resistencia a sequía a través del rendimiento de grano y su estabilidad bajo condiciones secas. La probabilidad de seleccionar cultivares con bajos rendimientos, cuando el rendimiento diferencial se reduce, debido al estrés hídrico, sugiere el uso de un criterio de selección alternativo. La media geométrica de estrés y el control de rendimiento es, probablemente, una mejor opción que considera los factores críticos, rendimiento potencial y rendimiento diferencial (Samper y Adams, 1985).

Quizenberry et al. (1983) recomiendan el uso de genotipos de madurez temprana para ajustar las fechas de siembra a los periodos de precipitación.

III. MATERIALES Y METODOS

La figura 1 muestra la variación de los promedios de precipitación mensual para el período Enero 1989 - Marzo 1990, en El Zamorano, Honduras. Se puede observar que durante los primeros cuatro, así como durante los últimos tres meses del año, la precipitación se reduce a un nivel que es posible evaluar genotipos de frijol por su tolerancia a condiciones de estrés hídrico. Bajo otras condiciones se pueden realizar experimentos de campo si se dispone de riego, o bien retrasando la siembra de "postrera" que normalmente se realiza a finales de Septiembre.

El presente estudio incluye los resultados de dos experimentos de campo sembrados en las terrazas del Departamento de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), El Zamorano. La EAP, está situada en el Valle del Río Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, a 14° 00' latitud norte y 87° 02' longitud oeste; a una altitud de 805 msnm, presenta una precipitación media anual de 1015 mm y temperatura promedio anual de 22°C.

Experimento 1

Fue sembrado el 9 Febrero 1989. Previo a la siembra, el lote experimental se fertilizó con una fórmula completa (12-24-12) a razón de 300 kg/ha, aplicados al fondo del surco e incorporados. Los tratamientos considerados fueron cuatro niveles de estrés hídrico y cuatro genotipos, los cuales son detallados en el Cuadro 1.

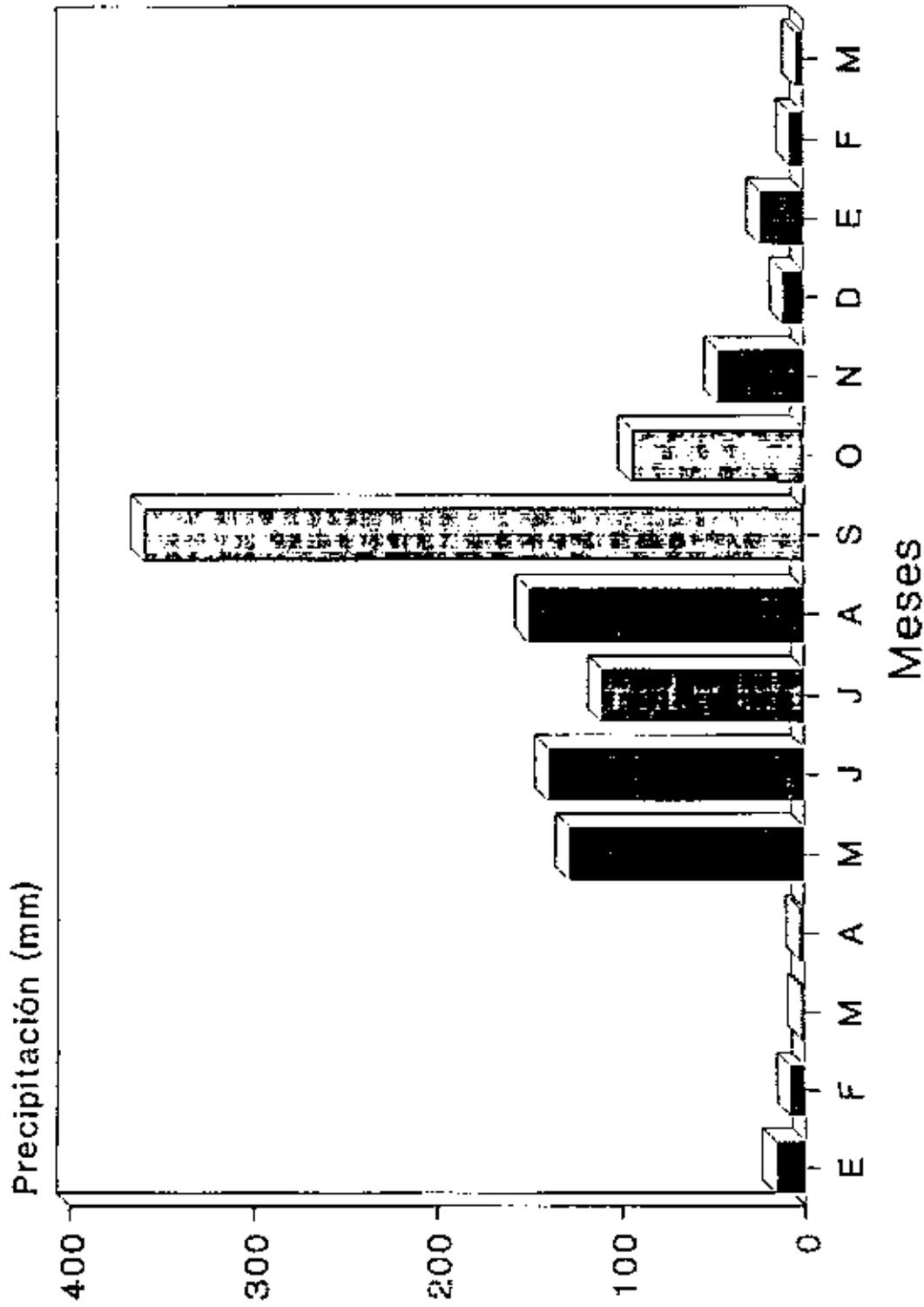


Fig. 1. Precipitación mensual durante el período Enero 1989-Marzo 1990, El Zamorano Honduras.

Cuadro 1 Niveles de estrés hídrico y genotipos de frijol común utilizados en el Experimento 1, El Zamorano, 1989.

Niveles de estrés hídrico:	
a.	Riego hasta 20 días después de la siembra (dds)
b.	Riego hasta 35 dds
c.	Riego hasta 50 dds
d.	Riego hasta madurez fisiológica (R9)
Genotipos:	
a.	RAB 50
b.	Zamorano
c.	ICTA Ostúa
d.	Danlí 46

Se utilizó un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, siendo los niveles de estrés la parcela principal y los genotipos la subparcela. A continuación se muestra el esquema del análisis de varianza utilizado (Cuadro 2).

Cuadro 2. Esquema del análisis de varianza de un diseño experimental de bloques completos al azar con parcelas divididas (factor A dividido en factor B).

Fuentes de variación	Grados de libertad	
Repeticiones	$(r-1)$	3
Factor A = Niveles de estrés	$(a-1)$	3
Error A	$(a-1)(r-1)$	9
Factor B = Genotipos	$(b-1)$	3
A x B	$(a-1)(b-1)$	9
Error B	$a(r-1)(b-1)$	36

La siembra se realizó manualmente. La distancia entre surcos fue de 0.6 m y se colocaron dos semillas por postura cada 0.1 m. Siete días después de la emergencia de las plantas se hizo un raleo dejando una planta por postura, obteniéndose

una población uniforme de 166,666 plantas por hectárea.

Durante el cultivo se realizaron prácticas fitosanitarias

para minimizar el daño causado por plagas y enfermedades. A la siembra se aplicaron Furadan (carbofuran) y PCNB (Penta-cloro-nitro-benceno), ambos a razón de 10 kg/ha. Durante el

crecimiento del cultivo, el control de malezas se realizó manualmente. Se hicieron aplicaciones preventivas alternadas

de Benlate (benomyl) y Manzate 200 (mancozeb) a dosis de 0.5 y 3.5 kg/ha, respectivamente, para el control de enfermedades

y fungosas. Para el control de insectos, previa observación de la incidencia, se hicieron aplicaciones alternadas de MTD 600

(methamidophos 1.05 L/ha), Lannate (methomy) 0.25 kg/ha) y Arivo (cypermethrin 0.5 L/ha).

En cada una de las parcelas se tomaron datos fenológicos

en las etapas de floración (R6), cuando el 50% de las plantas

en la parcela presentaron por lo menos una flor abierta, y de

madurez fisiológica (R9), cuando el 90% de las vainas de la

parcela estuvieron completamente secas. Por diferencia, se

calculó la longitud del periodo reproductivo (PR).

$$PR = \text{días a R9} - \text{días a R6}$$

Al momento de la cosecha se tomaron datos de rendimiento

de grano y de las variables número de plantas cosechadas,

número de vainas por planta, número de vainas vacías en 10

plantas, número de semillas en 10 vainas, y peso seco de 100

semillas. Además se determinó el peso de tallos y vainas (PT)

y PV), para estimar el índice de cosecha (IC).

$$IC = \frac{\text{Peso del grano (PG)} * 100}{PT + PV + PG}$$

Se utilizó la media geométrica para medir la respuesta a sequía de los diferentes genotipos. La media geométrica es la raíz cuadrada del producto de los rendimientos con y sin estrés hídrico (R_x y R_y , respectivamente). Este estadística es recomendada por Samper y Adams (1985), y considera el rendimiento potencial y diferencial de cada genotipo.

$$MG = (R_x * R_y)^{1/2}$$

Experimento 2

Fue sembrado el 24 Noviembre 1989. Las prácticas de preparación del terreno, control de plagas y enfermedades y siembra se realizaron en forma similar al Experimento 1.

Los tratamientos considerados fueron los mismos niveles de estrés y los genotipos detallados en el Cuadro 1. A este experimento se adicionaron dos genotipos: San Cristóbal 83 y A 70. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

De cada una de las parcelas se tomaron datos de las etapas fenológicas de floración (R6) y madurez fisiológica (R9). A la R9, se tomaron datos de peso de raíces, rendimiento de grano y sus componentes número de vainas por planta, número de semillas por vaina y peso seco de cien semillas.

Los experimentos se evaluaron independientemente. Además, se realizó un análisis combinado considerando los cuatro genotipos comunes en ambos experimentos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Esquema del análisis de varianza de un diseño experimental de bloques completos al azar con parcelas divididas combinado sobre localidades o años.

Fuentes de variación	Grados de libertad	
Epocas de siembra (L)	$(l-1)$	1
R(L)	$l(r-1)$	3
Factor A = Niveles de estrés	$(a-1)$	3
Error A	$l(r-1)(a-1)$	18
Factor B = Genotipos	$(b-1)$	3
L x B	$(l-1)(b-1)$	3
A x B	$(a-1)(b-1)$	9
L x A x B	$(l-1)(a-1)(b-1)$	9
Error B	$la(r-1)(b-1)$	72

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1

Los diferentes niveles de estrés no afectaron los días a floración (R6), pero sí hubo diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los días a madurez fisiológica (R9) (Cuadro 4). En el tratamiento sin estrés hídrico, los genotipos, todos ellos de hábito de crecimiento indeterminado, presentaron un periodo reproductivo significativamente más largo en relación a la humedad disponible en el suelo. RAB 50 presentó la mayor precocidad con respecto a los otros tres genotipos. Los resultados indican que el rendimiento de grano, así como el índice de cosecha (IC), se vieron afectados por las diferentes condiciones de estrés hídrico, reduciéndose a medida que el grado de estrés se incrementó. Todos los componentes de rendimiento fueron afectados significativamente por los regimenes de estrés. El NVP, NSV y PSCS mostraron una reducción significativa debido a las condiciones de estrés en relación al tratamiento sin estrés. Los genotipos, a pesar de presentar diferencias significativas en sus componentes de rendimiento, no mostraron diferencias en el rendimiento per sg. sugiriéndose una compensación entre los componentes de rendimiento, tal y como lo sugiere White (1985). Es así como RAB 50 y Zamorano, compensaron el menor NVP y NSV con un mayor peso individual del grano (PSCS); por el contrario, Danli 46 presentó un mayor NVP y NSV pero menor peso individual del grano. Adams et al. (1982), reportaron que en plantas con

Cuadro 4. Valores promedios de las características fenológicas, rendimiento de grano y sus componentes e índice de cosecha de cuatro genotipos de frijol común crecidos bajo cuatro condiciones de estrés hídrico (Experimento 1). El Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Fenología			Rdto. (kg/ha)	Componentes			
	R6 ^a	R9	PR		NVP	NSV	PSCS	IC
<u>Estrés hídrico (H)</u>								
A partir de 20 dds	43	73	30	769	7.4	4.6	20.9	51
A partir de 35 dds	44	71	27	810	7.4	4.7	19.5	54
A partir de 50 dds	43	73	30	1134	10.3	5.4	19.2	55
Sin estrés	44	78	34	2410	13.2	5.5	24.0	61
Signif.	ns	**	**	**	**	*	**	**
DMS (0.05)	-	2.4	2.1	281	0.8	0.4	0.4	3.1
<u>Genotipos (G)</u>								
RAB 50	38	68	30	1302	8.7	4.2	24.7	55
Zamorano	43	75	32	1323	8.7	5.2	21.6	56
ICTA Ostúa	47	76	29	1166	8.8	5.3	17.5	54
Danli 46	47	76	29	1331	12.0	5.4	19.9	56
Signif.	**	**	*	ns	**	**	**	ns
DMS (0.05)	1.5	1.7	2.3	-	1.3	0.5	1.4	-
<u>Interacción</u>								
H x G	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	4.9	3.2	11	28.5	18.6	14.8	9.2	28

* Abreviaciones: días a floración (R6), días a madurez fisiológica (R9), longitud del periodo reproductivo (PR), número de vainas/planta (NVP), número de semillas/vaina (NSV), peso seco de cien semillas en gramos (PSCS), rendimiento de grano (Rdto) e índice de cosecha (IC).

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

mayor NVP, el NSV o el tamaño de la semilla (PSCS) declinan, de esta manera, el rendimiento se reduce. Rodríguez (1987) atribuye el efecto de compensación de los componentes al crecimiento compensatorio que influye en la distribución de los recursos limitantes del rendimiento, la cual es regulada por factores genéticos y ambientales. Al no haber diferencias significativas para la interacción genotipo x condición de estrés, se puede asumir que todos los genotipos fueron igualmente afectados por los tratamientos de déficit hídrico.

Para determinar el efecto de la longitud del periodo reproductivo (PR), el IC y los componentes de rendimiento en el rendimiento per se, se estimaron los respectivos coeficientes de correlación, así como las posibles asociaciones entre algunas de estas variables (Cuadro 5). El rendimiento per se fue afectado por el PR, sus componentes NVP y PSCS, y el IC. Además, se pudo apreciar que el IC fue afectado por el PR; a su vez, el IC afectó significativamente el PSCS. Esto explica que la acumulación de fotosintatos en el grano es mayor cuando el periodo reproductivo se alarga, permitiéndose de esta manera el incremento del IC. Por otro lado, el mayor peso del grano puede determinar un incremento en el rendimiento tal y como se menciona en el reporte de CIAT (1987). Por otro lado, se indica que el rendimiento es una función del tamaño o capacidad de la fuente.

Cuadro 5. Coeficientes de correlación entre la longitud del periodo reproductivo, los componentes de rendimiento, índice de cosecha y rendimiento per se (Experimento 1). El Zamorano, Honduras.

	NVP'	NSV	PSCS	IC	Rdto
PR	0.533 ns	0.264 ns	0.752 **	0.780 **	0.879 **
NVP		0.576 *	0.329 ns	0.521 ns	0.780 **
NSV			-0.325 ns	0.117 ns	0.439 ns
PSCS				0.681 *	0.638 *
IC					0.861 **

' Abreviaciones: longitud del periodo reproductivo (PR), número de vainas por planta (NVP), número de semillas por vaina (NSV), peso seco de cien semillas (PSCS), rendimiento de grano (Rdto) e índice de cosecha (IC).

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

Según lo recomendado por Samper y Adams (1985), se utilizó la media geométrica para medir la respuesta a sequía de los diferentes genotipos. Los genotipos Zamorano y Danlí 46 alcanzaron las medias geométricas más altas en las condiciones de mayor estrés (Cuadro 6); sin embargo, según Erazo (1988), no necesariamente los genotipos con valores más altos de la media geométrica tienen mejor respuesta a sequía ya que éste es calculado usando el rendimiento potencial sin estrés el cual pudiera incrementar la media geométrica en aquellos genotipos susceptibles con un buen potencial de rendimiento bajo condiciones óptimas de humedad. En realidad, las diferencias obtenidas en este experimento no son suficientemente claras y lo que sugiere es una respuesta similar en estos genotipos a las condiciones de estrés impuestas.

Experimento 2

Los días a floración (R6), días a madurez fisiológica (R9) y el PR mostraron diferencias altamente significativas como resultado de la influencia tanto de las condiciones de estrés como las diferencias debidas a los genotipos (Cuadro 7). Los componentes de rendimiento NVP y PSCS fueron afectados por las diferentes condiciones de estrés hídrico. Estos resultados coinciden con los de Rodríguez (1987) quien encontró que el componente NVP fue el que más se redujo bajo condiciones de humedad limitada, el PSCS fue menos afectado

Cuadro 6. Comparación de las medias geométricas de los promedios de rendimiento sin estrés y el rendimiento bajo estrés hídrico aplicado a los 20, 35 y 50 días después de la siembra en cuatro genotipos de frijol común (Experimento 1). El Zamorano, Honduras.

Genotipo	Rendimiento de grano (kg/ha)			
	Sin estrés	20 dds ^a	35 dds	50 dds
RAB 50	2330	804(1369) ^b	788(1355)	1285(1730)
Zamorano	2566	774(1409)	825(1455)	1128(1701)
ICTA Ostúa	2150	714(1239)	763(1281)	1036(1492)
Danlí 46	2592	783(1425)	863(1496)	1085(1677)

^a Estrés hídrico impuesto a los 20, 35 y 50 días después de la siembra (dds), respectivamente.

^b Media geométrica estimada según la fórmula $(R_x * R_y)^{1/2}$, donde R_x = rendimiento sin estrés y R_y = rendimiento bajo estrés impuesto a diferentes etapas de crecimiento.

Cuadro 7. Valores promedios de características fenológicas, rendimiento y sus componentes de seis genotipos de frijol común crecidos bajo cuatro condiciones de estrés hídrico (Experimento 2). El Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Fenología			Rdto (kg/ha)	Componentes		
	R6'	R9	PR		NVP	NSV	PSCS
<u>Estrés hídrico (H)</u>							
A partir de 20 dds	37	69	32	649	6.4	4.7	21.3
A partir de 35 dds	38	70	32	970	8.7	4.8	22.4
A partir de 50 dds	38	72	34	1336	10.2	5.0	21.8
Sin estrés	39	75	36	1854	13.2	5.2	22.9
Signif.	**	**	**	**	**	ns	**
DMS (0.05)	0.4	0.3	0.6	241	1.6	-	0.5
<u>Genotipos (G)</u>							
RAB 50	35	67	32	1166	8.1	4.4	26.6
Zamorano	38	70	32	1061	7.1	5.4	22.0
ICTA Ostúa	40	74	35	1280	10.7	5.3	18.9
Danli 46	40	75	35	988	11.0	4.4	20.2
S. Cristobal	37	71	35	1205	10.4	4.7	21.0
A 70	38	72	33	1514	10.4	5.1	23.8
Signif.	**	**	**	**	**	**	**
DMS (0.05)	0.5	0.7	0.8	167	1.5	0.4	1.0
<u>Interacción</u>							
H x G	ns	ns	ns	*	ns	ns	*
C.V. (%)	1.8	1.5	3.5	19.6	22.4	12.1	6.6

* Abreviaciones: días a floración (R6), días a madurez fisiológica (R9), longitud del período reproductivo (PR), número de vainas/planta (NVP), número de semillas/vaina (NSV), peso seco de cien semillas en gramos (PSCS), rendimiento en kg/ha (Rdto).

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

que el anterior y el NSV el último de los componentes afectados. Bajo condiciones de El Zamorano, Zuluaga et al. (1987), concluyeron que todos los componentes son reducidos por efecto de la sequía. Al igual que en el Experimento 1, todos los componentes de rendimiento (NVP, NSV y PSCS) mostraron diferencias altamente significativas entre los genotipos.

El PR y los tres componentes de rendimiento estuvieron correlacionados positivamente con el rendimiento per se (Cuadro 8). Lo anterior hace suponer que hubo un efecto aditivo en el rendimiento por parte de sus componentes. Se observó que los genotipos que alcanzaron la madurez fisiológica más tarde poseen un periodo reproductivo más largo. White (1985) afirma que la variable más relacionada con el rendimiento per se es el tiempo para alcanzar la madurez fisiológica, o sea, la duración del cultivo. Además, el tiempo a madurez está fuertemente ligado a medidas de crecimiento tales como biomasa y duración del área foliar. El PR también estuvo correlacionado con el NVP, PSCS y el rendimiento per se. Al respecto, en los trabajos de Rodríguez (1987), se menciona que el NVP fue el componente que más contribuyó al rendimiento, seguido por el PSCS. Asimismo, los resultados reportados por el CIAT (1987), afirman que el PR es crítico en la determinación del rendimiento, y que en términos de componentes de rendimiento, el PR tiene, solamente, un ligero efecto en el NSV pero contribuye más en

Cuadro B. Coeficientes de correlación entre la longitud del período reproductivo, los componentes de rendimiento y el rendimiento per se (Experimento 2). El Zamorano, Honduras.

	NVP ^r _{NPP}	NSV ^r _{ENS}	PSCS ^r _{PC}	Rdto \angle
PR \angle	0.639 **	0.100 ns	-0.235 *	0.506 **
NVP \angle		0.113 ns	-0.001 ns	0.735 **
NSV			-0.056 ns	0.392 **
PSCS				0.312 **

^r Abreviaciones: longitud del período reproductivo (PR), número de vainas por planta (NVP), número de semillas por vaina (NSV), peso seco de cien semillas (PSCS), rendimiento de grano (Rdto).

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

el tamaño de la semilla, y un mayor período de llenado de vainas da como resultado vainas más llenas.

En el Cuadro 9, se muestran las medias geométricas correspondientes a las comparaciones de rendimiento bajo estrés con el obtenido sin estrés en el Experimento 2. El genotipo A 70 obtuvo el valor más alto para la media geométrica de rendimiento en el tratamiento de mayor estrés hídrico, a los 20 dds (1467 kg/ha); la media geométrica más baja fue la de Zamorano (868 kg/ha). Estos valores sugieren un mayor potencial de rendimiento y tolerancia a sequía en A 70 que en Zamorano. También se destacan ligeramente los genotipos ICTA Ostúa y San Cristóbal mencionados como tolerantes por Zuluaga *et al.* (1987). Los resultados con A 70 son contradictorios con los de Castillo y White (1987), quienes lo reportan como un genotipo sensible a la sequía. Las condiciones edáficas y otros factores de adaptación pudieron haber influido en el comportamiento de algunos genotipos tal y como lo sugieren Zuluaga *et al.* (1987).

Resultados de ambos Experimentos (1 y 2).

Un análisis de varianza combinado, usando datos de los Experimentos 1 y 2, fue realizado considerándose únicamente los cuatro genotipos comunes para ambos experimentos.

Cuadro 9. Comparaciones entre las medias geométricas de los promedios de rendimiento sin estrés y el rendimiento bajo estrés hídrico aplicado a los 20, 35 y 50 días después de la siembra de seis genotipos de frijol común. El Zamorano, Honduras.

Genotipo	Rendimiento de grano (kg/ha)			
	Sin estrés	20 dds*	35 dds	50 dds
RAB 50	2039	481(990) ^y	914(1365)	1232(1585)
Zamorano	1349	558(868)	848(1070)	1490(1418)
ICTA Ostúa	1870	755(1188)	1003(1370)	1491(1669)
Danli 46	1568	600(970)	736(1074)	1049(1282)
S.Cristobal	1939	590(1070)	1018(1405)	1273(1571)
A 70	2359	912(1467)	1300(1752)	1485(1872)

* Estrés hídrico impuesto a los 20, 35 y 50 días después de la siembra (dds), respectivamente.

^y Media geométrica estimada según la fórmula $(R_x * R_y)^{1/2}$, donde R_x = rendimiento sin estrés y R_y = rendimiento bajo estrés impuesto a diferentes etapas de crecimiento.

Los resultados indican que los rendimientos fueron ligeramente superiores en el Experimento 2 (Cuadro 10). Por otro lado, el efecto de las diferentes condiciones de estrés sobre el rendimiento de grano fue similar en las dos épocas de siembra. El rendimiento se incrementó al reducirse la severidad del estrés hídrico; sin embargo, el efecto en el rendimiento debido a los genotipos no fue estadísticamente significativo (Fig. 2).

Se presentaron diferencias significativas para la interacción época de siembra x condición de estrés en las variables rendimiento per se y PSCS; y para época de siembra x genotipo en las variables rendimiento per se, NVP y NSV (Cuadro 10). Los resultados sugieren que no existe una verdadera tolerancia a la sequía en ninguno de los genotipos de Phaseolus vulgaris incluidos, a pesar de que se incluyeron algunos que se indican como tolerantes en algunos estudios previos reportados por Zuluaga et al. (1987) y Castillo y White (1987). Sería importante continuar enfatizando sobre esta área de investigación mediante estudios adicionales de la tolerancia a sequía encontrada por (Rosas et al. (1990)) en híbridos interespecíficos Phaseolus vulgaris x P. acutifolius, en los cuales las evidencias sugieren una mayor tolerancia al estrés hídrico.

Cuadro 10. Valores promedios de rendimiento de grano y sus componentes de cuatro genotipos de frijol cresidos bajo cuatro condiciones de estrés hídrico (análisis combinado, Experimentos 1 y 2). El Zamorano, Honduras.

	Rendimiento (kg/ha)	Componentes ^a		
		NVP	NSV	PSCS
<u>Epoca de siembra (E)</u>				
1988	1267.5	9.3	4.8	21.1
1989	1136.9	9.4	5.1	21.7
Signif.	*	ns	ns	**
<u>Estrés hídrico (H)</u>				
20 dds	683.6	6.8	4.6	21.0
35 dds	642.7	7.6	4.7	20.8
50 dds	1224.5	10.2	5.3	20.5
Sin estrés	2058.0	13.0	5.3	23.3
Signif.	**	**	**	**
DMS (0.05)	173.2	0.7	0.4	0.4
<u>Genotipos</u>				
RAB 50	1234.2	8.4	4.3	25.6
Zamorano	1192.4	7.9	5.3	21.8
ICTA Ostua	1222.8	9.7	5.3	18.2
Danli 46	1159.5	11.5	4.9	20.1
Signif.	ns	**	**	**
DMS (0.05)	--	10.0	0.3	0.8
<u>Interacciones</u>				
E x H	**	ns	ns	**
E x G	*	*	**	ns
H x G	ns	ns	ns	ns
E x H x G	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	21.3	20.8	13.3	7.9

^a Número de vainas/planta (NVP), número de semillas/vaina (NSV), peso seco de cien semillas en gramos (PSCS). *, ** y ns Significativo al nivel $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$, y no significativo, respectivamente.

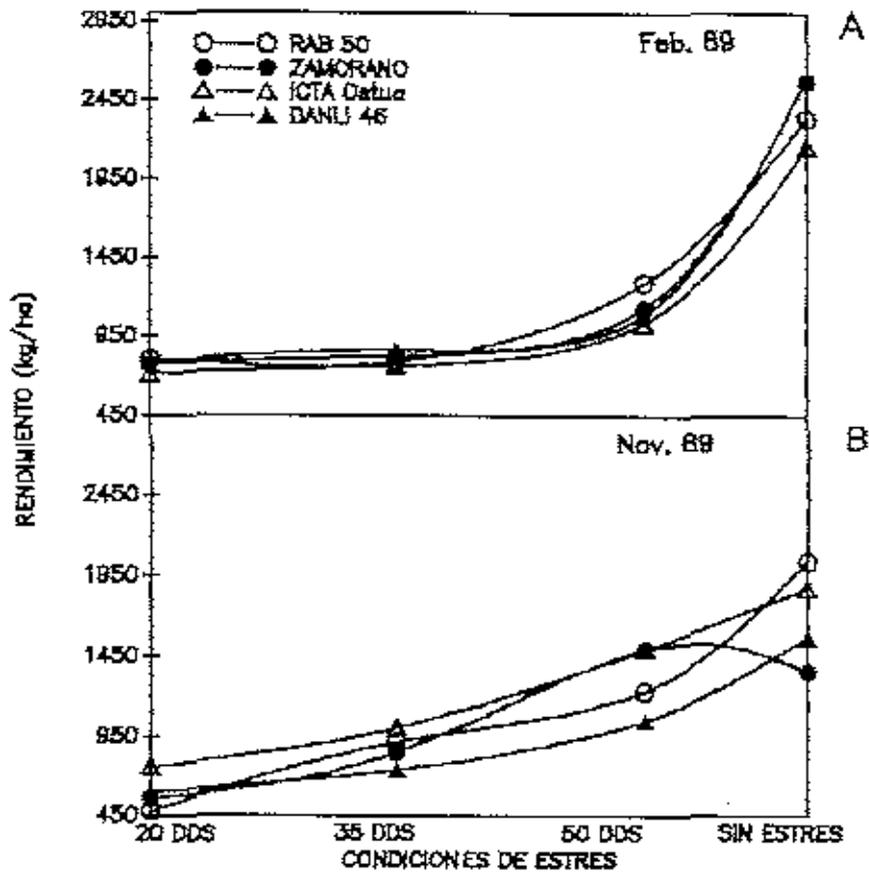


Fig. 2 Efecto del estrés hídrico impuesto en diferentes etapas de crecimiento en el rendimiento de cuatro genotipos de frijol común en dos épocas de siembra (A = Feb. 89, B = Nov. 89).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Todos los genotipos evaluados se comportaron en forma similar al ser sometidos a condiciones de estrés hídrico en las diferentes etapas de crecimiento. Las diferencias obtenidas en este estudio no son suficientemente claras y lo que sugieren es una respuesta similar de los genotipos de Phaseolus vulgaris incluidos a las condiciones de estrés impuestas.
2. Todos los componentes de rendimiento (NVP, NSV y PSCS) son reducidos por el efecto de las diferentes condiciones de estrés hídrico. El NVP seguido del PSCS son los más afectados, por lo que se puede asumir que, en este mismo orden de importancia, contribuyen al rendimiento.
3. Bajo condiciones óptimas de humedad, los genotipos expresan su potencial genético compensando la reducción en el rendimiento a causa del estrés hídrico.
4. Es conveniente considerar la precocidad (mecanismo de escape al déficit hídrico) como una alternativa para evitar pérdidas considerables a causa de la sequía, considerando que existen genotipos precoces con la capacidad de prolongar su ciclo de vida cuando crecen bajo condiciones óptimas. Ya que es posible transferir mecanismos de tolerancia a los cultivares de frijol a través de la hibridación interespecífica, híbridos provenientes de las cruzas entre Phaseolus vulgaris x acutifolius deberían ser incluidos en posteriores

trabajos de investigación.

6. Es recomendable aumentar los tratamientos para estudiar el efecto del estrés hídrico, incluyendo otras condiciones de humedad, a partir de 20 días después de la siembra y continuando imponiendo estrés con una frecuencia semanal.
7. Se recomienda cuantificar con mayor precisión la cantidad de agua aplicada, ya sea riego o precipitación pluvial, así como, determinar periódicamente el contenido de humedad del suelo, en este tipo de estudios.

VI. RESUMEN

La sequía es un factor limitante de la producción de frijol en Centroamérica, mayormente durante la época de postrera en que las lluvias son insuficientes para alcanzar un nivel de producción adecuado. La utilización de la tolerancia a sequía presente en ciertos genotipos es una estrategia recomendada de mejoramiento. Con este criterio, se condujeron dos ensayos que fueron establecidos en Feb 1989 y Nov 1989, en condiciones con lluvias muy limitadas, para estudiar a partir de qué etapa en el ciclo de crecimiento la sequía ocasiona mayor reducción en el rendimiento de varios genotipos de frijol común. Mediante control de la irrigación se impusieron cuatro tratamientos de estrés de sequía en épocas diferentes del ciclo de crecimiento (20, 35 y 50 días después de la siembra, y sin estrés hasta cerca de la madurez fisiológica) a seis genotipos previamente identificados como tolerantes ("Danlí 46", "Icta Ostúa" y San Cristóbal 83) y susceptibles ("Zamorano", "RAB 50" y "A 70"). Se determinaron los efectos de los tratamientos en el rendimiento y sus componentes. Los resultados indican un efecto bien marcado en el rendimiento por efecto de los tratamientos de estrés de sequía. Mayores diferencias no fueron observadas debido a genotipos.

VII. LITERATURA CITADA

- ADAMS, M.W. 1982. Plant architecture and yield breeding. Iowa State Journal of Research 56(3):225-254.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1987. Potencial de rendimiento. pp 121-136. In Informe Anual del Programa de Frijol de 1986. Cali, Colombia.
- CORNIC, G., L. PAPAGEORGIOU y G. LOUASON. 1987. Effect of a rapid and slow drought cycle followed by rehidratation on stomatal and non-stomatal components of leaf photosynthesis in Phaseolus vulgaris L. Journal of Plant Physiology 126:309-318.
- CHRISTIENSEN, M.N. y C.F. LEWIS. 1982. Plant resistance to water stress. pp 175-192. In Breeding for less favorable environments. J. Wiley and Sons, New York.
- ECK, H.V., A.C. MATHERS y J.T. MUSICK. 1987. Plant water stress at various growth stages and growth and yield of soybeans. Field Crops Research 17:1-16.
- ERAZO, S. D. 1988. Evaluación de genotipos de Phaseolus bajo condiciones de déficit hídrico en diferentes épocas de siembra. Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 33 p.
- GARDNER F. et al., 1985. Physiology of Crop Plants. 2a ed. Iowa State Univ. Press. 197 p.
- HUCK, M.G., C.M. PETERSON, G. HOOGENBOOM y C.D. BUSH. 1986. Distribution of dry matter between shoots and roots of irrigated and non-irrigated determinate soybeans. Agronomy Journal 78:807-813.
- IBARRA, F. 1987. Efectos de sequia en características morfofisiológicas en genotipos de frijol en dos localidades de Durango, México. pp 3-33. In Taller Internacional de Tolerancia a Sequia en Frijol. 19-21 Octubre 1987. CIAT, Cali, Colombia.
- ITOH, K., K. NAKAHARA, H. ISHIKAWA, E. OHTA y M. SAKATA. 1987. Osmotic adjustment and osmotic constituents in roots of mung bean seedling. Plant Cell Physiology 28(3):397-403.
- IZQUIERDO, J.A. y G.L. HOSFIELD. 1983. The relationship of seed filling to yield among dry beans with differing architectural forms. Journal of American Society for Horticultural Science 108(1):106-111.
- KRAMER, P.J. 1974. Relaciones Hídricas de Suelo y Plantas. Edutex, S.A, México. 385 p.

- KRIEG, D.R. 1983. Photosynthetic activity during stress. *Agricultural Water Management* 7:219-263.
- MAHAMADOU, S., G. Hoogenboom, J.M. Benett, K.J. Boote y J.W. Jones. 1987. pp 36-37. *In* Annual Report of the Bean Improvement Cooperative Group, U.S.A.
- McCREE, K.J., C.E. KALLSEN y S.G. RICHARDSON. 1984. Carbon balance of sorghum plants during osmotic adjustment to water stress. *Plant Physiology* 76:898-902.
- McCREE, K.J. y S.G. RICHARDSON. 1987. Estomatal closure vs osmotic adjustment: A comparison of stress responses. *Crop Science* 27:539-543.
- MORGAN, J.M. 1980. Osmotic adjustment in the spikelets and leaves of wheat. *Journal of Experimental Botany* 31(121):655-665.
- PARSON, L.R. y T.K. HOWE. 1984. Effect of water stress on the water relation of Phaseolus vulgaris and the drought resistant Phaseolus acutifolius. *Physiology Plant.* 60:197-202.
- PETERSEN, A. C. 1985. Effects of water stress on Phaseolus vulgaris L. and P. acutifolius var latifolius. UMI, Michigan, U.S.A.
- QUIZENBERRY, J.E., C.W. WENDF y L.E. CLARK. 1983. Drought tolerant sorghum and cotton germoplasm. *Agricultural Water Management* 7:207-222.
- QUIZENBERRY, J.E., 1982. Breeding for drought resistance and plant water use efficiency. pp 193-211. *In* Breeding for Less Favorable Environments. J. Wiley and Sons, New York.
- RADIN, J.W. 1981. Physiological consequences of cellular water deficits: Osmotic adjustment. pp 267-276. *In* Limitations to Efficient Water Use in Crop Production. USDA, Phoenix, Arizona.
- RODRIGUEZ, R. 1987. Investigación para tolerancia a sequía en frijol. pp 43-68. *In* Taller Internacional de Tolerancia a Sequía en Frijol, CIAT, Cali, Colombia. Octubre 19-21.
- ROSAS, J.C., P. ASCHER, C. ROSEN, R. YOUNG, E.A. ROBLETO y M. HIBBERD. 1990. Comportamiento agronómico de híbridos Phaseolus vulgaris x P. acutifolius bajo condiciones de sequía en Honduras. *In* Informe Anual de Investigación. pp 1-2. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

- SAITO, S.M.T., M.N. MONTANHEIRO, R.L. VICTORIA y K. REICHARDT. 1984. The effect of N fertilizer and soil moisture on the nodulation and growth of Phaseolus vulgaris. Journal of Agricultural Science 103:87-93.
- SAMPER, C. y M.W. ADAMS. 1985. Geometric mean of stress and control yield as a selection criterion for drought tolerance. Ann. Report Bean Improv. Coop. Group. 28:53-54.
- SCHMIDT, J.W. 1983. Drought resistance and wheat breeding. Agricultural Water Management 7:181-191.
- SHOUSE, P., S. DASBERG, W.A. JURY y L.H. STOLZY. 1981. Water deficit effects on water potential, yield, and water use of cowpeas. Agronomy Journal 73:333-336.
- TURNER, N.C. 1979. Drought resistance and adaptation to water deficits in plants. pp 343-372. In: H. Mussell and R.C. Staples (eds), Stress Physiology in Crop Plants. John Wiley and Sons, New York.
- WHITE, J.W. 1985. Conceptos básicos de fisiología del frijol. pp 43-60. In Frijol: Investigación y Producción. Ed. M. López, F. Fernández y A.V. Schoonhoven. CIAT-PNUD, Cali, Colombia.
- YANEZ-JIMENEZ, P. y J. KOHASHI-SHIBATA. 1987. Effect of water stress on the ovules of Phaseolus vulgaris L. pp 92-93. In Annual Report of the Bean Improvement Cooperative Group. U.S.A.
- ZULUAGA, S., C.M. ELVIR, C.R. SERRANO y J.D. ERAZO. 1987. Investigaciones sobre tolerancia a sequía en frijol en Honduras. pp 69-90. In Taller Internacional de Tolerancia a Sequía en Frijol. 19-21 Octubre 1987, CIAT, Cali, Colombia.

VIII. APENDICES

Apéndice 1. Variables en estudio y observaciones tomadas en el transcurso del Experimento 1. El Zamorano, Honduras.

Lista de variables

VARIABLES	DESCRIPCION
1	Repeticiones
2	Número de parcela
3	Condiciones de humedad (1=20 dds, 2=35 dds, 3=50 dds, 4=sin estrés)
4	Genotipos (1=Danlí 46, 2=ICTA Ostúa, 3=Zamorano, 4=RAB 50)
5	Días a floración (R6)
6	Días a madurez fisiológica (R9)
7	Long. del periodo reproductivo (PR)
8	Número de plantas cosechadas
9	Plantas sin vainas en la parcela
10	Número de vainas por planta (NVP)
11	Número de vainas vanas/planta (NVVP)
12	Número de semillas por vaina (NSV)
13	Peso seco de 100 semillas (PSCS)
14	Rendimiento (kg/ha, 14% de humedad)
15	Índice de cosecha (IC)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	101	1	1	47	70	23	10	5	7.3	0.1	4.2	19.1	738.3	38.1
1	102	1	2	49	74	28	12	7	7.9	0.1	4.4	17.4	748.9	37.3
1	103	1	3	44	77	33	10	15	5.2	0.4	4.8	24.1	481.5	40.0
1	104	1	4	34	64	30	17	2	4.7	0.4	4.0	28.2	564.2	48.3
1	105	2	1	47	77	29	10	10	10.1	1.8	4.5	18.8	842.1	34.3
1	104	2	2	49	74	27	20	4	4.9	0.1	3.7	14.9	741.4	33.7
1	107	2	3	41	74	35	20	3	8.4	0.3	3.8	20.9	1127.4	37.2
1	108	2	4	38	64	24	20	1	3.4	0.2	4.1	25.3	874.3	35.6
1	109	3	1	43	73	30	20	1	13.0	2.8	5.0	18.4	1233.2	34.4
1	110	3	2	46	73	27	20	0	9.4	0.7	6.3	17.1	990.3	34.1
1	111	3	3	41	74	33	20	0	7.4	0.4	5.1	20.7	1104.9	33.3
1	112	3	4	38	67	29	20	0	11.4	1.4	5.1	23.7	1483.6	41.7
1	113	4	1	48	82	34	20	0	14.4	3.4	4.8	23.3	2494.4	44.0
1	114	4	2	48	81	33	20	0	12.0	0.4	7.1	19.8	2310.0	41.0
1	115	4	3	37	79	42	20	0	13.0	0.2	5.0	26.2	2775.1	39.0
1	116	4	4	41	74	32	20	0	11.7	0.5	4.0	28.9	2304.5	42.7
2	201	1	2	47	72	23	20	1	8.3	0.7	4.7	13.2	1240.7	33.2
2	202	3	4	39	68	27	20	0	8.8	0.4	4.7	23.8	493.4	40.4
2	203	3	1	47	73	29	20	0	12.0	2.0	5.3	18.1	953.4	31.3
2	204	3	3	39	71	34	20	0	9.0	1.0	4.0	18.7	1061.4	33.6
2	205	1	1	41	73	28	10	22	7.7	0.4	3.2	18.8	874.0	37.3
2	204	1	4	39	64	25	12	4	5.4	0.4	3.4	23.1	1002.7	32.3
2	207	1	3	42	72	30	10	19	7.4	0.8	4.4	24.0	1343.7	41.7
2	208	1	2	44	78	34	14	9	5.7	0.3	3.7	16.8	803.3	32.2
2	209	2	4	38	64	24	20	0	8.4	0.7	3.9	23.7	934.2	33.0
2	210	2	3	47	74	29	18	7	4.3	0.2	5.0	19.7	740.5	33.0
2	211	2	2	47	74	27	20	1	7.3	0.1	5.0	15.4	849.8	35.4
2	212	2	1	46	72	24	20	1	7.2	0.4	3.0	18.3	827.2	35.0
2	213	4	2	48	78	30	20	0	11.7	0.7	5.7	18.3	2143.3	41.1

Apéndice 1 (Continuación)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	314	4	1	47	79	30	20	0	20.8	4.3	6.7	22.7	2470.8	28.4
2	218	4	4	38	79	37	20	0	6.0	0.8	4.2	29.4	1847.4	40.2
2	314	4	3	48	81	33	20	0	10.3	0.3	7.0	23.4	2037.4	37.3
3	301	4	1	48	79	31	20	0	17.0	0.0	3.1	22.1	2947.3	34.3
3	302	4	4	38	74	34	20	0	14.3	1.3	4.8	27.9	2370.8	40.3
3	303	4	2	48	71	31	20	0	6.4	0.2	3.7	14.1	1232.3	27.4
3	304	4	3	41	80	39	20	0	13.3	0.4	3.3	24.3	2413.3	44.3
3	305	3	4	34	47	31	20	0	7.3	1.7	4.2	21.4	1540.0	27.7
3	304	3	3	44	71	23	20	0	7.8	1.4	4.6	17.0	1117.3	19.3
3	307	3	1	48	77	27	20	0	14.8	4.0	4.8	14.8	1145.8	49.4
3	308	3	2	44	75	27	20	0	11.2	2.2	4.8	14.4	1141.7	38.4
3	309	1	1	47	74	27	18	12	5.4	1.1	3.6	22.3	147.4	43.3
3	310	1	4	38	43	27	18	0	10.0	0.4	4.0	23.3	1023.7	21.3
3	311	1	2	46	74	34	18	13	7.2	1.4	4.4	20.4	331.3	43.8
3	312	1	2	44	75	27	19	7	7.4	0.3	3.4	17.4	714.0	34.2
3	313	2	2	44	72	34	18	0	4.4	0.3	4.1	28.9	742.7	38.3
3	314	2	4	37	49	27	20	0	4.7	0.7	4.7	14.4	619.3	48.4
3	315	2	3	44	74	32	20	3	4.4	0.2	4.8	19.3	431.4	33.3
3	314	2	1	47	72	23	20	0	7.3	1.7	3.1	14.7	333.3	33.3
4	401	4	4	38	74	30	20	0	13.1	2.1	4.9	28.4	2413.3	41.0
4	402	4	1	47	80	33	20	0	19.2	2.0	4.4	23.1	2403.2	40.1
4	403	4	2	47	79	32	20	0	14.4	0.4	7.3	17.7	2727.1	38.7
4	404	4	3	41	74	33	20	0	4.1	0.4	4.8	24.3	2872.1	44.7
4	405	2	1	44	73	27	19	7	7.8	1.0	4.4	17.3	794.1	31.8
4	406	2	3	44	43	17	22	1	8.8	0.2	3.4	21.7	894.8	31.0
4	407	2	2	44	73	27	18	7	4.3	0.2	3.3	17.0	484.2	33.2
4	408	2	4	37	43	24	20	1	4.1	0.2	3.4	23.3	734.7	31.4
4	409	3	2	48	77	27	20	0	7.2	1.0	5.3	13.0	804.9	44.7
4	410	3	3	44	73	27	20	0	7.6	1.4	7.2	14.8	1103.3	38.4
4	411	3	1	47	71	27	20	0	13.4	3.4	3.7	20.0	1044.2	30.4
4	412	3	4	37	43	27	20	0	10.8	2.0	3.8	24.8	1497.9	33.9
4	413	1	1	47	77	30	10	11	7.1	1.0	4.3	17.9	848.9	37.9
4	414	1	3	46	74	30	10	7	4.8	0.8	3.8	22.3	414.4	41.7
4	415	1	2	44	77	37	14	4	8.1	0.1	4.3	18.7	872.0	31.0
4	414	1	4	49	48	28	13	7	4.1	0.7	3.1	23.9	397.1	18.4

Apéndice 2. Variables en estudio y observaciones tomadas en el transcurso del Experimento 2. El Zamorano, Honduras.

Lista de variables

VARIABLES	DESCRIPCION
1	Repeticiones
2	Número de parcela
3	Condiciones de humedad (1=20 dds, 2=35 dds, 3=50 dds, 4=sin estrés)
4	Genotipos (1=RAB 50, 2=Zamorano, 3=ICTA Ostúa, 4=Danli 46, 5=San Cristóbal, 6=A 70)
5	Días a floración (R6)
6	Días a madurez fisiológica (R9)
7	Long. del periodo reproductivo (PR)
8	Número de vainas por planta (NVP)
9	Número de semillas por vaina (NSV)
10	Peso seco de 100 semillas (PSCS)
11	Rendimiento (kg/ha, 14% de humedad)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	101	1	1	35	65	30	4	4.0	26.0	530.9
1	102	1	5	36	68	32	6	4.4	20.7	639.0
1	103	1	2	37	68	31	3	5.0	22.1	432.9
1	104	1	6	37	69	32	7	4.8	26.4	970.2
1	105	1	3	39	73	34	6	4.8	16.5	659.3
1	106	1	4	38	70	32	9	4.4	21.2	622.5
1	107	2	3	39	73	34	7	5.8	20.2	1094.1
1	108	2	2	37	68	31	7	5.9	24.1	802.9
1	109	2	5	36	67	31	10	5.5	20.0	1011.2
1	110	2	1	36	66	30	8	3.6	30.4	814.5
1	111	2	6	37	70	33	9	5.4	25.5	1382.1
1	112	2	4	39	72	33	8	4.6	20.5	724.2
1	113	3	2	38	70	32	13	5.6	23.6	1983.0
1	114	3	3	40	75	35	11	4.2	19.3	1370.7
1	115	3	5	36	71	35	14	3.5	21.3	1694.1
1	116	3	6	38	71	33	12	5.4	24.3	1478.3
1	117	3	1	36	68	32	10	3.8	27.4	1466.7
1	118	3	4	39	73	34	8	4.8	19.7	1077.7
1	119	4	5	37	76	39	15	5.0	25.1	2687.5
1	120	4	3	41	78	37	14	4.9	22.8	2433.1
1	121	4	6	38	71	33	18	5.8	23.5	2570.7
1	122	4	4	40	76	36	22	4.6	21.3	1468.6
1	123	4	1	35	70	35	13	6.1	29.6	2298.4
1	124	4	2	38	73	35	7	5.3	20.1	1007.9

Apéndice 2 (Continuación)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	201	1	4	39	73	34	10	3.7	17.1	546.5
2	202	1	6	37	70	33	7	5.7	22.7	843.9
2	203	1	2	36	68	32	4	5.0	24.5	662.7
2	204	1	3	39	72	33	8	4.0	17.9	716.3
2	205	1	1	34	65	31	4	4.2	24.7	519.1
2	206	1	5	35	68	33	6	4.8	19.9	568.8
2	207	2	2	37	68	31	7	4.7	24.6	1212.5
2	208	2	1	36	65	29	5	3.5	27.5	732.3
2	209	2	3	39	72	33	8	5.8	17.9	941.4
2	210	2	5	37	68	31	10	5.2	21.9	1195.4
2	211	2	6	38	69	31	10	5.6	25.6	1219.3
2	212	2	4	39	73	34	10	4.1	19.3	788.0
2	213	3	5	37	72	35	13	4.1	21.1	1410.1
2	214	3	6	40	72	32	12	4.2	22.2	2008.3
2	215	3	1	36	67	31	10	4.9	26.2	1677.2
2	216	3	3	41	74	33	12	6.6	19.3	1723.7
2	217	3	2	38	71	33	7	6.7	23.0	1594.9
2	218	3	4	40	76	36	12	5.9	20.1	1395.3
2	219	4	1	35	69	34	11	4.8	25.5	2027.1
2	220	4	2	38	74	36	10	6.0	20.8	1925.8
2	221	4	3	41	75	34	16	6.4	20.8	2327.0
2	222	4	6	39	75	36	15	5.9	22.6	2753.3
2	223	4	5	36	75	39	12	4.8	22.7	1565.6
2	224	4	4	39	78	39	11	4.6	23.1	1852.8
3	301	1	5	36	68	32	6	4.4	17.9	501.9
3	302	1	3	40	72	32	7	5.1	17.7	746.5
3	303	1	6	37	69	32	7	4.6	22.9	981.8
3	304	1	4	40	75	35	9	4.2	20.0	706.7
3	305	1	2	37	67	30	4	6.0	22.9	674.4
3	306	1	1	34	66	32	7	4.2	25.2	534.3
3	307	2	3	39	73	34	9	5.4	17.6	932.9
3	308	2	2	38	68	30	6	5.6	22.5	662.6
3	309	2	4	39	74	35	11	3.7	18.4	746.0
3	310	2	1	35	67	32	7	3.9	26.6	908.2
3	311	2	5	37	70	33	12	4.2	23.6	1183.9
3	312	2	6	39	70	31	10	5.7	24.3	1255.9
3	313	3	3	39	75	36	11	5.9	20.1	1370.3
3	314	3	4	41	76	35	11	5.1	20.4	955.3
3	315	3	5	37	73	36	9	4.3	20.0	1025.2
3	316	3	1	36	68	32	7	4.1	27.3	1068.1
3	317	3	6	40	74	34	7	5.4	22.1	1222.9
3	318	3	2	38	71	33	7	5.6	19.7	1045.3
3	319	4	1	36	70	34	12	5.0	29.6	1621.4
3	320	4	4	41	78	37	14	5.9	22.2	1672.5
3	321	4	2	39	75	36	10	5.1	20.3	1156.4
3	322	4	3	40	77	37	16	4.8	19.5	1384.8
3	323	4	6	39	75	36	12	5.7	25.9	2134.1
3	324	4	5	38	75	37	16	4.9	20.6	1869.7

Apéndice 2 (Continuación)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	401	1	2	38	67	29	4	4.9	20.5	462.9
4	402	1	3	40	73	33	9	5.3	17.8	899.2
4	403	1	5	36	69	33	6	4.9	20.1	650.7
4	404	1	6	38	71	33	7	4.9	23.1	853.9
4	405	1	1	35	65	30	3	4.1	23.1	337.6
4	406	1	4	39	74	35	7	4.3	20.3	523.4
4	407	2	3	39	73	34	11	5.6	19.0	1044.9
4	408	2	2	39	68	29	6	3.9	21.4	714.8
4	409	2	4	40	72	32	7	3.9	17.9	687.2
4	410	2	1	34	65	31	8	4.5	26.8	1199.2
4	411	2	5	37	71	34	6	4.7	18.9	682.4
4	412	2	6	38	72	34	17	3.6	23.3	1343.9
4	413	3	1	35	68	33	6	4.3	22.5	695.2
4	414	3	2	40	71	31	8	6.2	20.8	1337.8
4	415	3	6	39	72	33	10	4.1	21.3	1229.5
4	416	3	3	40	76	36	12	6.0	18.5	1496.3
4	417	3	5	38	74	36	9	4.8	20.7	962.3
4	418	3	4	40	75	35	12	3.4	21.7	765.6
4	419	4	6	40	74	34	7	4.8	25.7	1979.3
4	420	4	2	40	73	33	10	5.6	21.8	1304.5
4	421	4	3	41	79	38	15	4.8	18.4	1333.8
4	422	4	5	38	76	38	15	5.2	20.8	1631.9
4	423	4	1	36	71	35	13	5.0	27.2	2210.0
4	424	4	4	40	77	37	12	4.2	20.0	1276.2

IX. DATOS BIOGRAFICOS DEL AUTOR

- A. Nombre : José Ramiro Moncada Paz
- B. Lugar de Nacimiento : Tegucigalpa D.C., Honduras C.A.
- C. Fecha de Nacimiento : 20 de marzo de 1967
- D. Educación:
- Secundaria: Instituto de Aplicación de la Escuela Superior del Profesorado "Francisco Morazán", Tegucigalpa, Honduras.
- Superior: Escuela Agrícola Panamericana, EAP, El Zamorano, Honduras.
- E. Títulos Recibidos: Agrónomo, 1987.
- F. Experiencia Profesional:
- Febrero 1988 - Abril 1989. Asistente de Investigación. Programa de Investigación de Frijol, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana.
- G. Entrenamiento Recibido:
- Noviembre 1988 - "Productor experimentador un método de extensión". Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. Tegucigalpa D.C., Honduras C.A.
- Abril 1989 - Almacenamiento de granos a nivel familiar. Cooperativa Suiza al Desarrollo (COSUDE)-Secretaría de Recursos Naturales, Tegucigalpa D.C., Honduras.
- H. Publicaciones/presentaciones:
- YOUNG, R.A., J.R. MONCADA y J.C. ROSAS. Cuantificación de daños por Antracnosis (Colletotrichum lindemuthianum (Sacc. & Magn.) Scrib.) en dos cultivares hondureños de frijol. Escuela Agrícola Panamericana, Reporte Anual de Investigación de 1988. pp 75-78.
- MONCADA, J.R., J.C. ROSAS y E.A. ROBLETO. 1990. Comportamiento agronómico del frijol común (Phaseolus vulgaris L.) bajo estrés de sequía impuesto en diferentes etapas de crecimiento. PCCMCA, XXXVI Reunión, San Salvador, El Salvador, Marzo 26-30, 1990. (Poster).