

*1993-1994*

EVALUACION DE GENOTIPOS DE PHASEOLUS, BAJO CONDICIONES DE DEFICIT HIDRICO EN DIFERENTES EPOCAS DE SIEMBRA

Por  
José David Erazo

Tesis presentada  
como requisito previo a la  
obtención del título  
de Ingeniero Agrónomo

MICROISIS:	<i>6043</i>
FECHA:	<i>4 oct 93</i>
ENCARGADO:	<i>Ramiro D.</i>

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

Abril - 1988

BIBLIOTECA WILSON POPENO  
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
APARTADO 83  
TEGUCIGALPA HONDURAS

EVALUACION DE GENOTIPOS DE PHASEOLUS, BAJO CONDICIONES DE  
DEFICIT HIDRICO EN DIFERENTES EPOCAS DE SIEMBRA.

Por  
José David Erazo L.

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 del autor.



-----  
José David Erazo L.

Abril - 1988

DEDICATORIA

A la memoria de quien fuera  
mi segunda madre Blanca Romero de Galeano.

A mi madre Clarissa,  
Por su apoyo y cariño.

A mi padre Gonzalo,  
con mucho cariño.

A mis hermanos Ana,  
Karla y Roberto Ignacio,  
por nuestra unión y fraternidad

A mis amigos, compañeros  
y colegas, por su amistad.

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi Profundo agradecimiento

Al Dr. Silvio Zuluaga, por prestarme su apoyo y las facilidades para realizar esta tesis, así como por su orientación y aporte a lo largo de esta investigación.

A mis maestros: Dr. Juan Carlos Rosas  
Dr. Leonardo Corral  
Dr. Juan José Alán  
Dr. Raúl Santillán

Por sus enseñanzas, consejos y apoyo incondicional.

A la Agrónoma Concha María Elvir por su amistad, apoyo y colaboración durante la realización de esta tesis.

A la Perito Mercantil Iris Juárez y al Profesor de Artes Plásticas Darlan Matute, por su contribución en la elaboración de esta tesis.

## INDICE

	Pag.
Título .....	i
Aprobación .....	ii
Derecho de Autor .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimientos .....	v
Indice .....	vi
Resumen .....	vii
I INTRODUCCION .....	1
II REVISION DE LITERATURA .....	3
III MATERIALES Y METODOS .....	14
IV RESULTADOS Y DISCUSION.....	19
V CONCLUSIONES .....	29
VI LITERATURA CITADA .....	31

## RESUMEN

La sequía es un factor limitante en la producción de frijol en Honduras, principalmente en las siembras realizadas en el segundo semestre de cada año. Con la siembra de varios genotipos de frijol, se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, un estudio sobre tolerancia a sequía en diferentes épocas de 1987. En el estudio preliminar realizado en la época seca (marzo-mayo), los genotipos presentaron reducciones en rendimientos que variaron entre 28 y 76%.

En el segundo semestre del año o "postrera" se continuaron los estudios con la siembra de 14 genotipos de frijol (7 materiales precoces y 7 tardíos a la floración) en cuatro fechas de siembra. Las variedades de grano negro Río Tibagi e Icta Ostúa mostraron ser muy promisorias, al igual que el genotipo de grano bayo A-170; en contraste, Puebla 152 de grano negro, y el cultivar local Zamorano resultaron ser muy sensibles a la sequía. Por otro lado, los materiales rojos locales Desarrural y Cuarenteño presentaron un comportamiento aceptable bajo condiciones con déficit hídrico. Líneas derivadas de cruces interespecíficas entre *P. vulgaris* x *P. acutifolius* mostraron tolerancia a estas condiciones de estrés, aunque la respuesta pudo ser debida a precocidad. En general, los materiales tardíos mantuvieron un potencial de rendimiento superior a los precoces en todas las fechas de siembra. Esto indica que resultaría de mayor beneficio para el agricultor el usar materiales tardíos con cierta tolerancia a sequía, en vez de disponer de materiales precoces de bajo rendimiento que poseen un mecanismo de escape a la sequía.

## INTRODUCCION

El cultivo del frijol es uno de los más importantes en Latinoamérica, por ser una de las fuentes de proteína más baratas que existen. Un 47 % de la producción mundial es producida en esta región (Laing et al., 1983).

Según Laing et al. (1983), la producción promedio de frijol en Latinoamérica y Africa es de 500 a 600 kg/ha, en comparación con la de Estados Unidos y países europeos cuya producción promedio es de 1400 kg/ha. Obviamente, el potencial fisiológico de rendimiento del cultivo es mucho mayor que el hasta ahora obtenido.

La sequía es uno de los factores más limitantes en la producción en frijol en Latinoamérica, debido a que no hay una precipitación confiable en los periodos de siembra (White, 1985). Para el caso particular de Honduras, la época más común de siembra del frijol es en el segundo semestre del año, también llamado "postrera". En esta época las probabilidades de lluvia van disminuyendo a medida que el cultivo está entrando a su etapa reproductiva, limitando grandemente los rendimientos (Zuluaga et al., 1987).

Aunque no existen buenas estadísticas de producción para ciertas regiones de Honduras, se puede estimar en la región norte en el periodo 1973-1979, una producción promedio de 660 kg/ha de frijol común. Esta es significativamente más alta que para la región centro oriental, que fueron 440 kg/ha para el mismo

periodo (Torchelly y Narvaez, citados por Zuluaga, 1987). Quizás esta diferencia pueda explicarse por una precipitación pluvial más alta en la región norte en comparación con la región centro oriental en el mes de noviembre (Zuluaga et al, 1987).

A través de los años los agricultores han logrado aminorar las pérdidas en rendimiento debidas a la sequía mediante el uso de variedades precoces. Estas variedades tardan alrededor de 60 a 65 días en llegar a la madurez fisiológica. La preferencia por parte del agricultor por estos materiales precoces, limitan la adopción de variedades mejoradas, que poseen rendimientos superiores a los tradicionales, pero que son relativamente más tardíos. Esto se debe principalmente a que no se han dedicado esfuerzos suficientes para resolver el problema de sequía y las investigaciones en este tópico han sido muy escasas. También se le ha dedicado poco esfuerzo al estudio de la precocidad. (Zuluaga, comunicación personal).

La identificación de materiales tolerantes a sequía se logra mediante estudios preliminares bajo condiciones de estrés hídrico. Estos trabajos se realizan en los meses del año donde se cuenta con las mínimas probabilidades de lluvia.

Los objetivos del presente trabajo fueron el de identificar genotipos tolerantes a sequía para usarlos como progenitores en programas de mejoramiento genético, determinar la fecha óptima de siembra donde el cultivo no presente las consecuencias del estrés hídrico en las etapas fenológicas más críticas, y el costo de la precocidad y las ganancias de la misma.

## REVISION DE LITERATURA.

Bajo condiciones de campo, muchos cultivos experimentan efectos negativos durante alguna etapa de su ciclo de vida, debido a la sequia (Ibarra, 1987). Pal (1976), define que la disponibilidad de agua es indudablemente el factor ambiental más limitante de la productividad de los cultivos. Según White (1985), el agua es tan importante para el crecimiento de cualquier planta, que no sorprende que el crecimiento y el rendimiento final de un cultivo como el de frijol dependa mucho de la disponibilidad de agua.

Según Ibarra (1987), para poder 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. Kramer (1974), define que la sequia está comúnmente asociada con altas temperaturas, haciendo difícil separar los efectos de estos dos factores sobre los rendimientos de campo.

**Resistencia a Sequia**

En general, se reconoce que una planta es resistente a la sequia porque es capaz de evitar el desarrollo del déficit hídrico o tolerarlo. La resistencia a sequia es

definida como la habilidad de las plantas para crecer satisfactoriamente en áreas sujetas a periodos con déficits de agua (Beeg y Turner, 1976). La resistencia a sequía se puede considerar como una acción combinada de tolerancia, evasión y escape.

Según Turner (1979), escape a la sequía se conoce como la habilidad de una planta de completar su ciclo de vida antes de que se agote el agua del suelo. Se puede dar por un rápido desarrollo fenológico (precocidad), o por plasticidad en el desarrollo (ajustar el desarrollo a las condiciones de agua, y mostrar su recuperación). Un ejemplo de escape a la sequía fue reportado en genotipos de Phaseolus acutifolius, especie frecuentemente citada como tolerante a sequía. Estos genotipos lograron rendimientos muy superiores a los de P vulgaris, lo que fue atribuido a su precocidad (White, 1985). Beebe et al. (1984), publicaron un trabajo acerca de dos estudios sobre el efecto de sequía en frijol con variedades precoces y tardías en Jutiapa, Guatemala. El objetivo principal fue determinar si los componentes de rendimiento y diferentes genotipos de frijol común responden igual a la sequía impuesta en varias fechas después de la floración. De estos trabajos se concluyó que al no haber presión de sequía, los materiales tardíos superaron a los precoces. Sin embargo, al haber una presión moderada la ventaja fue para materiales precoces pero no

significativamente, lo cual se consideró una ventaja de la precocidad.

Fisher y Maurrer, citados por Márquez (1979), realizaron trabajos en cultivares de Triticum aestivum y Hordeum vulgare, con el objeto de cuantificar la producción en relación con el escape al déficit hídrico. Concluyeron que los cultivares de floración precoz producían más que los de floración tardía.

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 (valor más cercano a cero) tiene mejor evasión a sequía. Ejemplos de evasión a sequía han sido reportados por Villareal (1986), quien encontró un efecto positivo de adaptación con base en dos períodos de sequía en un cultivar de frijol que presentó reducción del área foliar, mayor duración del ciclo de crecimiento de la planta y presentaba un hábito de crecimiento indeterminado. Peterson et al. (1982), estudiando los efectos del déficit hídrico en Phaseolus acutifolius, reportaron que esta especie superó en rendimiento a cinco cultivares de Phaseolus vulgaris bajo condiciones de sequía y casi duplicó su propio rendimiento bajo riego. P. acutifolius sin riego floreció más temprano y produjo más biomasa a la madurez que bajo condiciones de riego. El autor concluyó que P. acutifolius es tolerante a la sequía y que es más

productivo en condiciones de déficit hídrico.

Markhart (1985), realizó una comparación de relaciones hídricas entre P. vulgaris y P. acutifolius. Encontró que los estomas de P. acutifolius se cerraron a un potencial mucho mayor que el de P. vulgaris, lo cual retrasó la deshidratación del tejido foliar. P. acutifolius presentó un sistema radical más profundo, lo cual también contribuye a su tolerancia a la sequía. Las relaciones raíz-brote no fueron diferentes para las dos especies en condiciones de estrés hídrico o riego adecuado. El potencial osmótico foliar fué similar para ambas especies sin un aparente ajuste osmótico en condiciones de estrés hídrico. Estos resultados indican que P. acutifolius pospone la deshidratación y sugieren que los estomas sensibles y un sistema radical profundo, son características que, si se incorporan al frijol común podrían aumentar su tolerancia a sequía.

Thomas et al (1983), informan que tres cultivares de frijol tepari y tres cultivares de frijol común, sembrados en dos años consecutivos, sólo recibieron riego a las 48 horas de haberse plantado, pero no recibieron más irrigación hasta la madurez. Los tres cultivares de frijol común dieron cero en rendimiento, en cambio, los teparis dieron rendimientos de 420 kg/ha en 1980 y 1000 kg/ha en 1981. Parson y Davis (1981), reportaron que teparis mostraron bajas tasas de transpiración y sufrieron menos

pérdida de clorofila y senescencia de hojas que el frijol común sujeto a las mismas condiciones; los autores concluyeron que esto se debió principalmente a que los teparis poseen hojas más pequeñas y angostas que les permiten disipar el calor más rápidamente. Ambas especies orientan sus hojas de manera que evitan el sol del medio día, pero en plantas de tepari bajo estrés hídrico sus hojas están perpendiculares a los rayos del sol en la mañana y en el atardecer, mientras que el frijol común orienta sus hojas paralelos a los rayos del sol. Esto debe permitirle a los teparis más horas de fotosíntesis activa que al frijol común cuando están bajo estrés hídrico.

Estudios en frijol común realizados por Sponchiado (1985), demuestran la importancia del crecimiento radical. El autor expresa que cuando el crecimiento radical está presente en determinada profundidad del suelo ocurre un decrecimiento del potencial de agua del suelo. De esta forma, se torna evidente la importancia del sistema radical para la tolerancia al déficit hídrico por medio de la extracción de agua de capas más profundas de suelo.

Guaimaraes (1986), realizó un trabajo con dos líneas de frijol bajo condiciones de sequía, midiendo la densidad de raíces a diferentes profundidades de suelo; de estos estudios se concluyó que la resistencia a sequía de ambas líneas se debió a mecanismos de prevención de las raíces más profundas y retención de agua en la planta. Turner y

Jones citados por Sponchiado (1985), expresan que para que las plantas puedan mantener una absorción de agua en el suelo, un gran volumen del mismo debe ser explorado, y el agua dentro de ésta debe ser extraída en el mayor grado posible. Esto será realizado por el desarrollo de un sistema radical más denso.

Tolerancia a sequía se conoce como la habilidad de la planta de resistir períodos secos y de resistir bajos contenidos de agua en sus tejidos (Turner, 1979). Según White (1987), cuando el estrés resulta en grandes reducciones en el potencial de agua, como ocurre en el frijol, los mecanismos que permiten que la planta continúe su crecimiento y sus procesos metabólicos a bajos potenciales, son de gran importancia.

La selección por ajuste osmótico fué efectuada en trigo (Morgan, 1983); pero, Markhart (1985), no pudo detectar diferencias de ajuste osmótico de P. vulgaris y P. acutifolius. Michenela y Boyer, citados por Sponchiado (1983) evaluando el ajuste osmótico en hojas de plantas de maíz (Zea mays), sometidas a déficit hídrico, indicaron que éstas mostraron una marcada habilidad de compensación osmótica en regiones de elongación foliar.

#### Efectos de la Sequía

Durante el desarrollo vegetativo, el estrés hídrico

reduce el crecimiento y de hecho reduce el índice de área foliar. El déficit hídrico en cualquier etapa de desarrollo causa el cierre de estomas, lo cual reduce la entrada de CO<sub>2</sub> y la producción de materia seca (Gardner et al., 1985). Makaki et al. (1976), reportaron que un gran número de parámetros de crecimiento en soya, fueron afectados por el estrés hídrico. La elongación de la raíz y el peso seco no fueron tan afectados como el área foliar y la elongación del tallo. Las raíces se fueron expandiendo a las áreas del suelo donde no había tanta deficiencia de agua, resultando en menor reducción de la elongación de las células. El rendimiento del grano no fue tan drásticamente afectado como lo fue el rendimiento vegetativo, posiblemente reflejando el aprovechamiento de agua durante el llenado del grano y la removilización de reservas acumuladas en las partes vegetativas. El más dramático efecto de la deficiencia de agua en etapas vegetativas tempranas fue la reducción en el área foliar.

Denmead y Shaw (1960), encontraron retrasos en el crecimiento en maíz causados por falta de agua, y que cuando el déficit fue removido el crecimiento no retornó inmediatamente a su nivel normal sino hasta después de varios días. Gardner et al. (1985), expresaron que en el rendimiento de grano, el tiempo de estrés hídrico puede ser tan importante como el grado de estrés. Para determinadas especies como el maíz, un severo estrés de cuatro días, en

ciertas etapas del ciclo reproductivo, puede ser crítico. El periodo de polinización y las dos semanas siguientes fueron los periodos más sensitivos al estrés hídrico; el número de mazorcas por planta fue el componente de rendimiento más afectado. Tres semanas después de la polinización, el estrés hídrico no afectó tanto el número de mazorcas, pero si redujo el peso de las mismas. Esto indica que el periodo en que pudo haber pérdida de mazorcas ya habia pasado y que la falta de humedad redujo la fotosíntesis y la translocación.

Para cultivos indeterminados los efectos de sequia en el rendimiento de grano, durante etapas específicas de crecimiento, dependen de subsiguientes condiciones ambientales (Fisher, 1973). Gardner et al. (1985), sostienen que un corto pero severo estrés puede no tener influencias sobre el rendimiento de grano, si es impuesto durante el estado vegetativo de desarrollo. Sin embargo, extensos periodos de estrés de menos severidad pueden tener una fuerte influencia sobre el rendimiento.

Turk et al. (citados por Ibarra, 1987), utilizando la especie Vigna unguiculata observaron que una sequia moderada durante la floración causa una abscisión substancial de flores y pequeñas vainas; también, las plantas rápidamente entraron a senectud para producir un rendimiento reducido de grano.

Floor et al. (1983), realizaron estudios en frijol

para determinar la influencia al estrés hídrico en el ciclo del cultivo; los autores expresan haber encontrado que un déficit hídrico después de la aparición de la primera hoja trifoliada y la remoción foliar, incrementaron el ciclo de crecimiento ligeramente y redujeron considerablemente el rendimiento. Gardner et al. (1985), expresan que especies indeterminadas que tienen un largo periodo de floración podrían no ser muy afectadas por el estrés hídrico. Cortos periodos, pero severos, de estrés hídrico durante la etapa temprana de floración causaron una pequeña reducción en el rendimiento del grano. Como el estrés hídrico causó aborto de flores, la planta tuvo tiempo de generar más flores después de que el estrés fué removido. Sin embargo, las flores producidas después del periodo normal de floración, produjeron menos vainas maduras. El componente de rendimiento más influido fue el número de vainas por planta.

#### Epoca de Siembra

En Honduras, la época más común de siembra de frijol es en "postrera". En esta época las probabilidades de lluvia disminuyen a medida que el cultivo entra en su etapa reproductiva, limitando grandemente los rendimientos (Zuluaga et al., 1987).

Leiva citado por Rodríguez (1986) propuso tres probables soluciones para atacar el problema de la mala

distribución de las lluvias; obtener variedades tolerantes a sequía, anticipar la fecha de siembra de segunda o de postrera, y obtener variedades precoces que escapen a la sequía, manteniendo un buen potencial de rendimiento.

Figueroa (citado por Rodríguez, 1986), realizó un estudio sobre predicción de fechas de siembra para seis variedades de frijol en Guatemala. Este autor informa que la cantidad y distribución de las lluvias, como factor climático por sí solo, no es determinante para definir la fecha de siembra más adecuada para el frijol. El conocimiento sobre el comportamiento de las variedades, resulta de capital importancia, para correlacionarlo con datos o gráficas de precipitación probable, y definir con más probabilidades de éxito la fecha de siembra. Por otro lado, Oliveira y Estrela (1982), informan que al sembrar en diferentes fechas de siembra se ofrece variedad en condiciones climáticas, lo que permite evaluar materiales en diferentes condiciones ambientales, sobre todo en estudios sobre tolerancia a sequía.

Vásquez (1984), realizó un estudio sobre el efecto de sequía impuesta en distintas épocas de siembra en frijol, encontrando resultados contrarios a lo esperado, es decir, que las variedades precoces rindan más que las intermedias o tardías cuando se les suprime el agua en una época en que ambas están en diferentes etapas de desarrollo. En otras palabras, las variedades intermedias mantienen su potencial

de rendimiento superior a los precoces bajo condiciones de sequía. Las variedades en estudio aumentaron su rendimiento conforme al número de riegos, exceptuando las variedades más precoces cuyo mayor rendimiento se observó antes de finalizar los tratamientos de riego. Karel (1982), reporta que en Morogoro, Tanzania, las siembras adelantadas de Phaseolus vulgaris causan pérdidas hasta de un 50 por ciento, al ser comparadas con siembras al inicio de las lluvias, estas pérdidas son causadas principalmente por ataque de insectos y estrés hídrico.

Resumiendo todo lo anterior se puede concluir, que han sido extensas las investigaciones de sequía en frijol en los últimos años, debido a que al déficit hídrico reduce en forma considerable la producción de frijol. Por lo anterior creemos que es de vital importancia, la evaluación de materiales criollos y de procedencia extranjera bajo condiciones de sequía, ya que estos trabajos serían la base de programas de mejoramiento destinados a producir materiales tolerantes al estrés hídrico.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), situada en el valle de El Zamorano, Departamento de Francisco Morazán, Honduras. La EAP se encuentra a 850 msnm, a 14 00 latitud norte y 87 02 longitud oeste, y presenta una precipitación media anual de 1015 mm.

La semilla utilizada en los diferentes ensayos se obtuvo del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, la Universidad de Purdue, la Universidad de Minnesota y de colecciones de trabajo de la Escuela Agrícola Panamericana.

La siembra se hizo manual, usando 466,000 semillas/ha, para luego "ralear" a las dos semanas después de la siembra, estableciendo una densidad de plantas de 233,000 plantas/ha. Los ensayos se mantuvieron libres de plagas y enfermedades con aplicaciones periódicas de insecticidas y fungicidas durante todo el ciclo del cultivo.

Para cada parcela se registraron los siguientes datos: días de siembra a floración (cuando el 50 % de las plantas en la parcela tienen al menos una flor abierta), días a madurez fisiológica (registrada cuando el 90 % de las vainas de las parcelas estaban completamente secas), número

de plantas cosechadas en la parcela útil y el rendimiento expresado en kg/ha.

Tanto la cosecha como el desgrane se hicieron manualmente. La semilla se pesó y se le determinó la humedad para ajustar todos los rendimientos al 14% de humedad.

En el presente trabajo se reportan los resultados de dos ensayos sembrados en dos épocas diferentes.

#### Ensayo 1 (Estudio Preliminar)

Se sembró el 20 de Marzo de 1987 en un suelo franco arenoso.

Se fertilizó utilizando la fórmula 12-24-12 en una dosis de 200 kg/ha, el cual se puso al fondo del surco, luego se incorporó, evitando que quedase en contacto con la semilla.

En este ensayo se probaron 10 genotipos. Siete de ellos se obtuvieron del CIAT, donde habían sido clasificados como tolerantes, moderados y susceptibles a la sequía (White, 1985). En CIAT, estos genotipos presentaron el mismo tamaño de semilla, hábito de crecimiento, fenología y rendimiento bajo condiciones de irrigación. Sin embargo, presentaban diferencias significativas en su rendimiento cuando eran sometidos a condiciones de estrés hídrico. Los otros genotipos utilizados fueron Puebla 152, de origen mejicano y de alto potencial de fijación

biológica de nitrógeno (Graham et al 1978), la línea Purdue 16 proveniente de una cruce interespecifica entre P. vulgaris y P. acutifolius, generada en la Universidad de Purdue, y el genotipo A80-2, Phaseolus acutifolius, especie que ha sido reportada como resistente a sequia (Nabham y Felger, 1978; Thomas et al, 1983).

En el Cuadro 1 se presentan los genotipos utilizados con su procedencia, características agronómicas y clasificación por tolerancia a sequia en la sede del CIAT.

El ensayo se estableció a nivel de campo como dos experimentos independientes, con riego y sin riego; utilizándose un diseño experimental de bloque completos al azar con tres repeticiones en cada caso. El experimento con riego recibió irrigación por aspersión durante todo el ciclo del cultivo, evitándose que se desarrollara estrés hídrico. En el experimento sin riego, se regó por aspersión hasta 20 días después de la siembra para establecer las plantas en el campo; de ahí en adelante, la humedad que recibió fue debida a la precipitación natural.

La parcela experimental constó de cuatro surcos de 4 m de largo y 0.6 m entre surcos. La parcela útil se compuso de los dos surcos centrales, dejando 0.3 m en cada extremo como bordes de cabeceira. El área de la parcela útil fué de 4.08 m .

## Ensayo 2 (Fechas de Siembra)

Se realizó en un suelo franco arcillo arenoso. Se fertilizó utilizando la fórmula 18-46-0, a razón de 200 kg/ha.

Se utilizaron cuatro épocas de siembra en las siguientes fechas: 2 de Octubre, 13 de Octubre, 26 de Octubre y 9 de Noviembre de 1987. Se utilizaron 16 genotipos que incluían ocho precoces y ocho tardíos. Los materiales se seleccionaron con base en estudios previos de respuesta a sequía en la EAP (Zuluaga, et al., 1987). También se incluyeron algunas variedades comerciales hondureñas. Algunos de los genotipos incluidos fueron líneas derivadas de cruzas interespecíficas entre P. vulgaris y P. acutifolius. Se incluyó también una línea de P. acutifolius. En el Cuadro 2 aparecen identificados los genotipos usados con algunas de sus características agronómicas, respuesta a sequía y procedencia de la semilla utilizada.

Para cada época de siembra se utilizó un látice de 4 x 4, con cuatro repeticiones. La parcela experimental estuvo compuesta de cuatro surcos de 5 m de largo y 0.6 m entre surcos. La parcela útil consistió de los dos surcos centrales, dejando 0.5 m en cada extremo como bordes de cabecera. El área de la parcela útil de 4.80 m .

Para establecer las diferentes épocas de siembra fue

necesario regar debido a la sequía que hubo en la postrera de 1987 en el valle de El Zamorano y en otras regiones de Honduras.

#### Análisis Estadístico

Los análisis estadísticos se hicieron utilizando una Microcomputadora IBM PC, y el paquete estadístico MSTAT, Versión 4.0. Se hicieron análisis de varianza, pruebas de diferencia mínima significativa, correlaciones y regresiones según el caso.

Cuadro 1. Características de los genotipos de frijol incluidos en el estudio preliminar para resistencia a sequía. El Zamorano, Honduras, 1987.

Identificación	Origen	Hábito de Crecimiento	Color de la Semilla	Tolerancia a Sequía en CIAT
A 17D	CIAT	2	Crema	Tolerante
BAT	CIAT	3	Crema mot.	Tolerante
V 8025	CIAT	4	Negro	Tolerante
Porrillo Sint.	El Salvador	2	Negro	Moderado
Río Tibagi	Brazil	2	Negro	Moderado
A 70	CIAT	2	Crema mot.	Susceptible
BAT 1224	CIAT	3	Crema	Susceptible
Puebla 152	Mexico	3	Negro	IND *
Purdue 16**	U.de Purdue	3	Rosado	IND
ABO-2***	U.de Purdue	1	Blanco	IND

\* Información no disponible

\*\* P. vulgaris x P. acutifolius

\*\*\* P. acutifolius

Cuadro 2. Características de los genotipos de frijol incluidos en el estudio de fechas de siembra realizado en la época de postrera. El Zamorano, Honduras, 1987.

Identificación	Origen	Hábito de Crecimiento	Color de la Semilla
A 170	CIAT	2	Crema
Río Tibagi	Brazil	2	Negro
ICTA 81-53	Guatemala	3	Negro
San Cristóbal	R. Dominicana	3	Rosado
Danlí 46	Honduras	2	Rojo
BAT-477	CIAT	2	Crema
Zamorano	Honduras	3	Rojo
Purdue 16	U. de Purdue	3	Rosado
Cuarenteño	Honduras	2	Rojo
Rab 50	CIAT	2	Rojo
Desarrural	Honduras	2	Rojo
Purdue 9	U. de Purdue	3	Rojo
Purdue 35	U. de Purdue	3	Café
PI 312-302	U. de Purdue	1	Crema

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Ensayo 1 (Estudio Preliminar)

Este ensayo incluía dos regímenes de humedad, con y sin riego, manejados como experimentos independientes. El último riego para el establecimiento del tratamiento bajo condiciones de estrés hídrico, se aplicó a los 19 días después de la siembra (DDS). El tratamiento con riego se aplicó cuando se consideró necesario para evitar que sufriera estrés hídrico. A los 28 días DDS del cultivo cayeron 4.5 mm de precipitación. A partir de esa fecha no ocurrieron más lluvias hasta que el cultivo alcanzó 45 días de haberse sembrado. De ahí en adelante el ensayo recibió 100.1 mm de lluvia (Figura 1).

A pesar de no presentar un estrés hídrico severo en la etapa del llenado de vainas, éste fue suficiente para generar reducciones en un rango de 761 a 1566 Kg/ha, con relación al tratamiento bajo riego (Cuadro 3).

Como se puede observar en el Cuadro 3, de los 10 genotipos en estudio, el P. acutifolius resultó con el mayor rendimiento bajo condiciones de estrés hídrico. El cultivar Rio Tibagi fue el material que mejor se comportó de los nueve genotipos de P. vulgaris. Vale la pena mencionar el bajo rendimiento presentado por la línea Purdue 16, de la que se esperaba una mejor respuesta por

ser el resultado de una cruce interespecifica entre P. vulgaris x P. acutifolius. Zuluaga et al (1987), reportan que líneas provenientes de la misma cruce que originó Purdue 16 presentan cierta tolerancia a sequía. Esto indica que existe segregación del carácter tolerante y que es necesario evaluar un gran número de líneas interespecificas para seleccionar las más resistentes para utilizarlas en los programas de mejoramiento genético para sequía. El material BAT-477 que ha sido reportado como tolerante a sequía bajo condiciones de CIAT, no obtuvo rendimientos satisfactorios. Esto indica que existen materiales que se comportan en distinta forma al sembrarlos en otras localidades. Por otro lado, materiales como V-8025 y A-170, mostraron cierta tolerancia al estrés hídrico (Cuadro 3).

La respuesta de cada uno de los 10 genotipos se determinó utilizando el rendimiento diferencial, la media geométrica y un índice de sequía. El rendimiento diferencial o porcentaje de reducción en rendimiento es igual al rendimiento en el tratamiento húmedo menos rendimiento en el tratamiento seco dividido para el tratamiento en el rendimiento húmedo y multiplicado por 100. De acuerdo con Fisher y Maurer citados por Samper et al. (1985), el índice de sequía (IS) es la relación entre el promedio de rendimiento bajo sequía y no sequía dividido entre la relación entre el promedio de rendimiento de todos

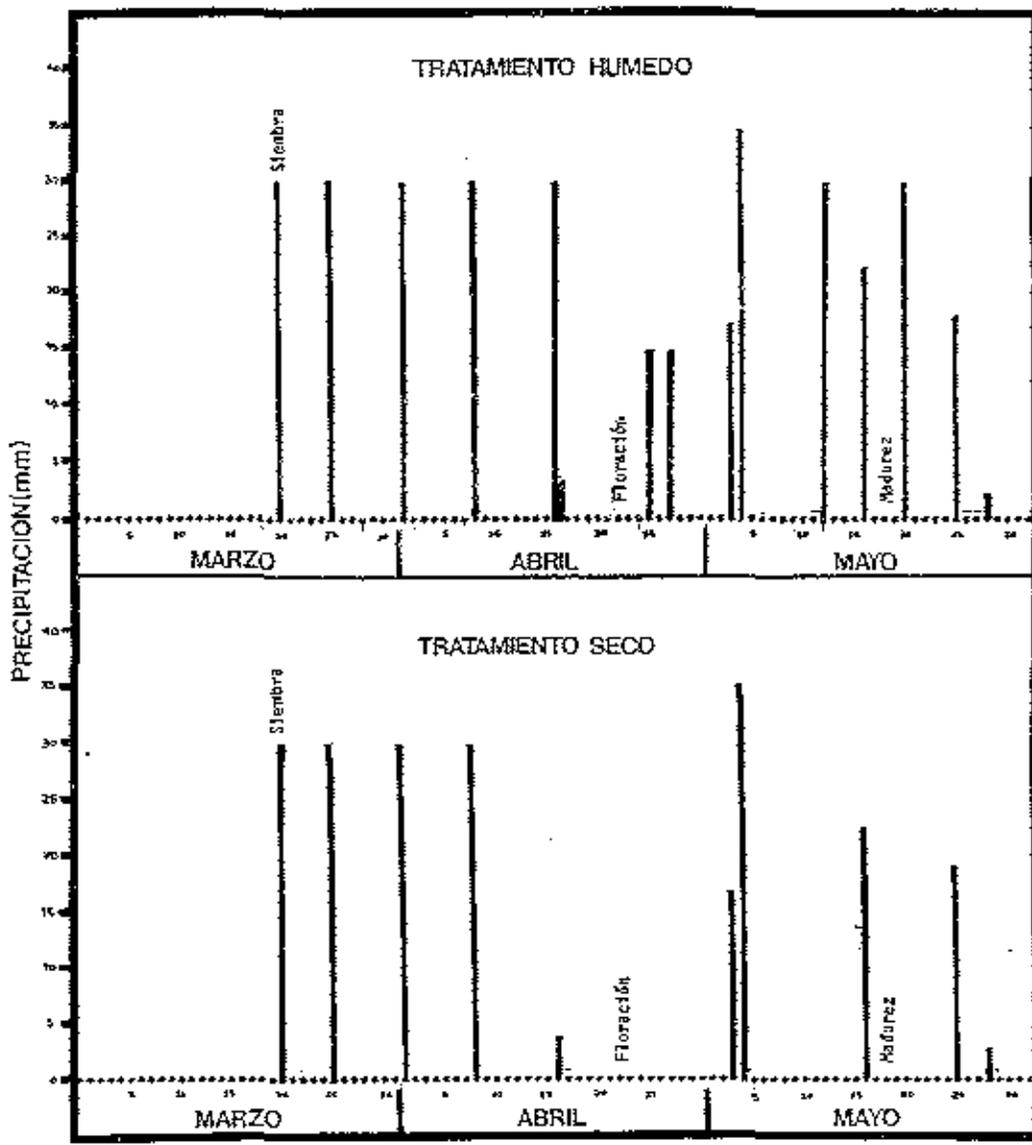


Figura 1: Cantidad de agua recibida, de 10 genotipos de *Phaseolus*, sometidos a dos condiciones de humedad, en el valle El Ismarano, Honduras, 1987.

los genotipos con y sin estrés hídrico. Un índice de sequía mayor de 1 indica resistencia relativa a sequía. La media geométrica es la raíz cuadrada del producto de los rendimientos obtenidos con y sin estrés hídrico. Este parámetro es recomendado por Samper y Adams (1985), ya que considera el rendimiento potencial y el rendimiento diferencial. En el Cuadro 3 aparecen los rendimientos de los tratamientos seco y húmedo y los valores de los diferentes parámetros utilizados para medir la respuesta a la sequía de los diferentes genotipos. Al considerar el promedio de rendimiento bajo condiciones de riego y sequía, varios genotipos mostraron un buen potencial de rendimiento bajo condiciones secas. En el Cuadro 3 se puede observar que la media geométrica permite detectar estos valores. El alto valor en la media geométrica de rendimiento y los valores del IS mayores que 1, es una combinación deseable para que genotipos como ABO-2, Rio Tibagi y V-8025 se consideren como resistentes a sequía (Cuadro 4). Sin embargo, no necesariamente los valores más altos de la media geométrica tienen la mejor respuesta a sequía, ya que el índice de sequía puede ser menor que 1.

En el Cuadro 5 se puede observar que ninguno de los genotipos aceleraron su madurez fisiológica al ser sometidos a condiciones de sequía. Al hacer la comparación entre los tratamientos (riego y seco) no se encontró diferencia estadística alguna. Lo que indica que estas

variables no permiten explicar el comportamiento de los genotipos en el estudio.

Se llevó a cabo una correlación lineal entre el rendimiento de grano bajo sequía y las variables discutidas hasta ahora. El análisis indicó que la relación entre el rendimiento de grano bajo ambas condiciones de humedad no fue significativa. Lo que sugiere que algunos de estos genotipos que se comportaron bien bajo condiciones de riego, no lo hicieron bajo condiciones de sequía. En cuanto a la correlación entre el rendimiento de grano y los días a floración no hubo significancia alguna. Sin embargo, al separar del análisis al material A80-2 (*P. acutifolius*) y a Puebla 152, se encontró una alta correlación. Esto sugiere que por haber incluido en el estudio materiales altamente tolerantes o susceptibles a sequía se podría limitar el uso de los criterios de selección. Sin embargo, parece que los materiales tardíos a la floración mantienen un potencial más alto que los precoces (Figura 2). Por otra parte, la correlación entre el IS y el rendimiento de grano bajo condiciones secas fue alta y positiva ( $r = 0.98$ ). Lo mismo sucedió en la correlación rendimiento de grano vs. la media geométrica ( $r = 0.99$ ); lo que indica que estos criterios de selección demostraron ser de mucha utilidad en este tipo de estudio (Figuras 4 y 5). La correlación entre el rendimiento diferencial y los días a floración resultó baja ( $r = 0.16$ ), pero al separar del análisis dos de los

materiales (Río Tibagi y Purdue 16) se obtuvo una correlación significativa (0.71). Este criterio de selección no es muy usado en este tipo de investigaciones por la inestabilidad que se presenta (Figura 3).

La ausencia de correlación entre el rendimiento de grano en sequía y el rendimiento diferencial con el resto de las variables, hacen suponer que éstas no permiten explicar el comportamiento de los genotipos en el estudio (Cuadro 6).

## Ensayo 2 (Fechas de Siembra)

En Octubre de 1987, se inició un ensayo de fechas de siembra de frijol, con el propósito de determinar una fecha adecuada de siembra, el costo de precooidad y las ganancias de la misma bajo condiciones de sequía. El ensayo incluyó 16 genotipos que se sembraron en fechas distintas (2, 11 y 26 de Octubre y 9 de noviembre). Para cada fecha se utilizó un diseño en látice de 4x4 con cuatro repeticiones. Debido a la mala germinación de dos genotipos (A80-2 y A-70), se excluyeron de los análisis. Debido a esto, el ensayo se analizó como bloques completos al azar.

Para decidir cada fecha de siembra, se consideró la distribución de las lluvias o de riego con el objeto de tener condiciones aceptables de humedad, y se consideró la disponibilidad de riego para asegurar una buena germinación. Debido a la sequía que se presentó en Honduras durante el período de postrera de 1987, fue necesario aplicar riegos. Sin embargo todas las épocas de siembra del ensayo sufrieron estrés hídrico en alguna etapa del ciclo del cultivo, debido a limitaciones en la disponibilidad de equipo de riego en el momento oportuno (Figura 6).

Como era de esperarse, se obtuvieron los más altos rendimientos en las primeras dos fechas de siembra donde se presentó menos estrés hídrico. En la segunda fecha se

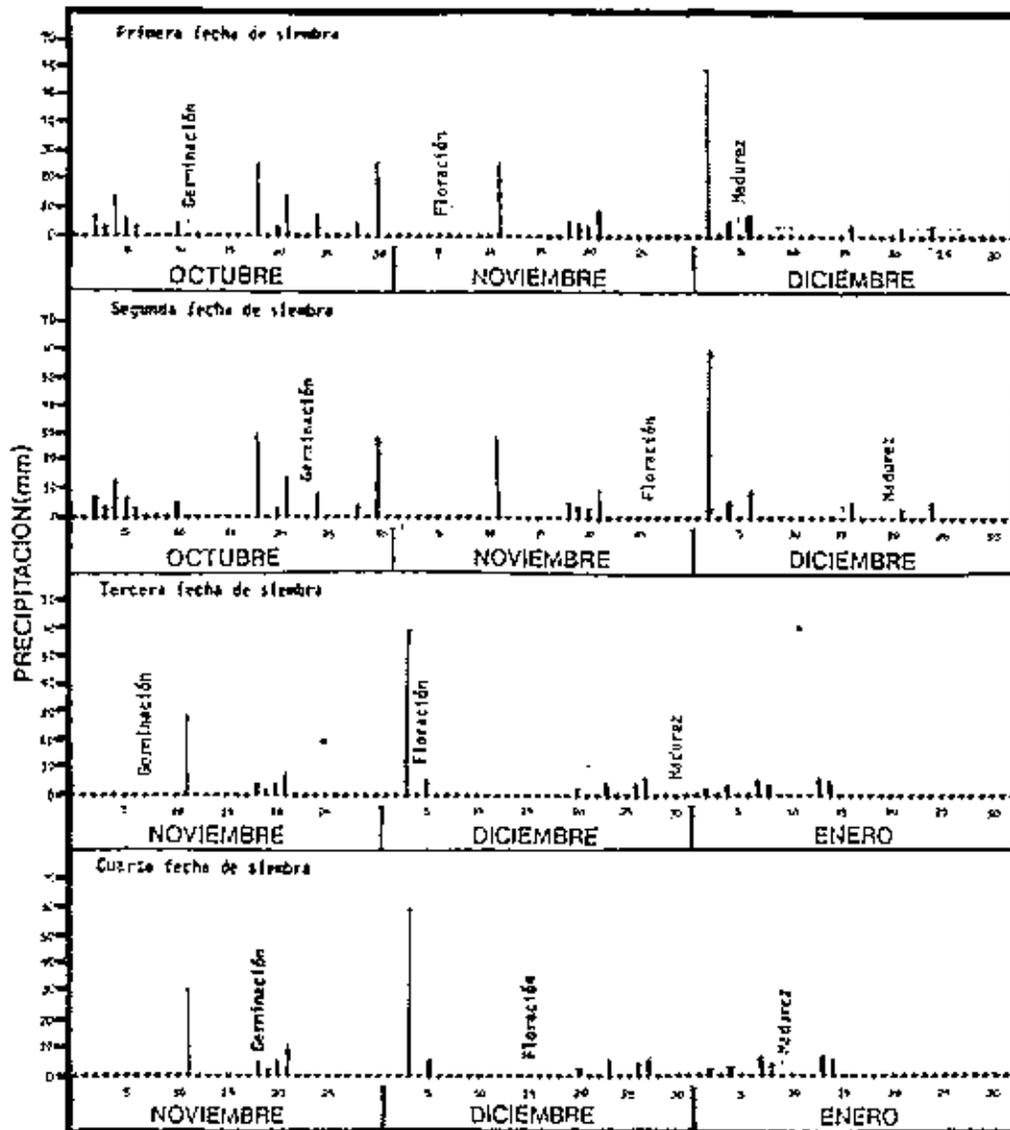


Figura 6: Cantidad de agua recibida en el ensayo sobre fechas de siembra evaluadas en "pestrera" de 1987, en el valle de El Zamorano, Honduras.

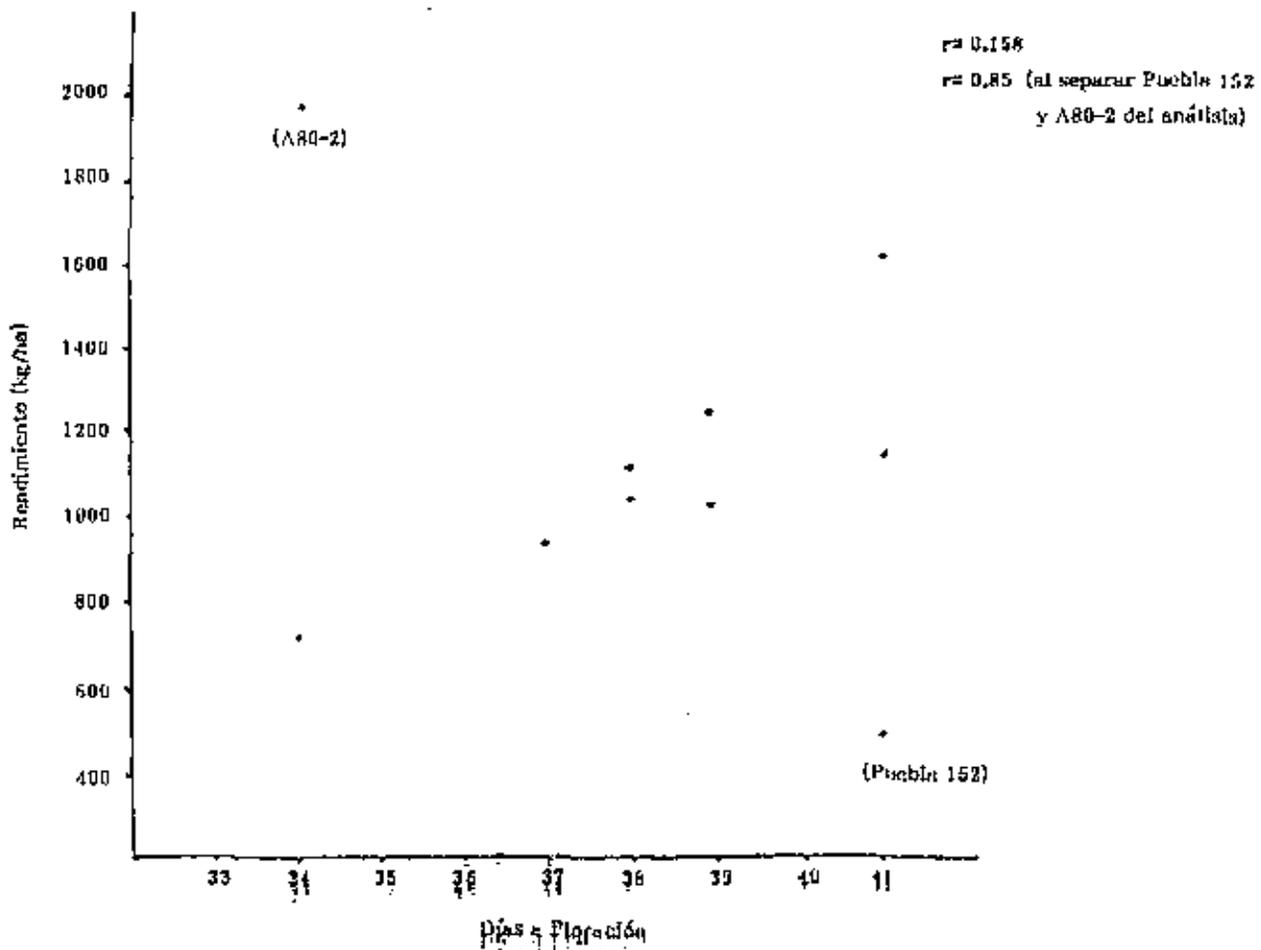


Figura 2: Relación entre los días a floración y el rendimiento bajo condiciones de estrés hídrico, en 10 genotipos de Phaseolus sembrados en el Valle El Zamorano, Honduras, 1987.

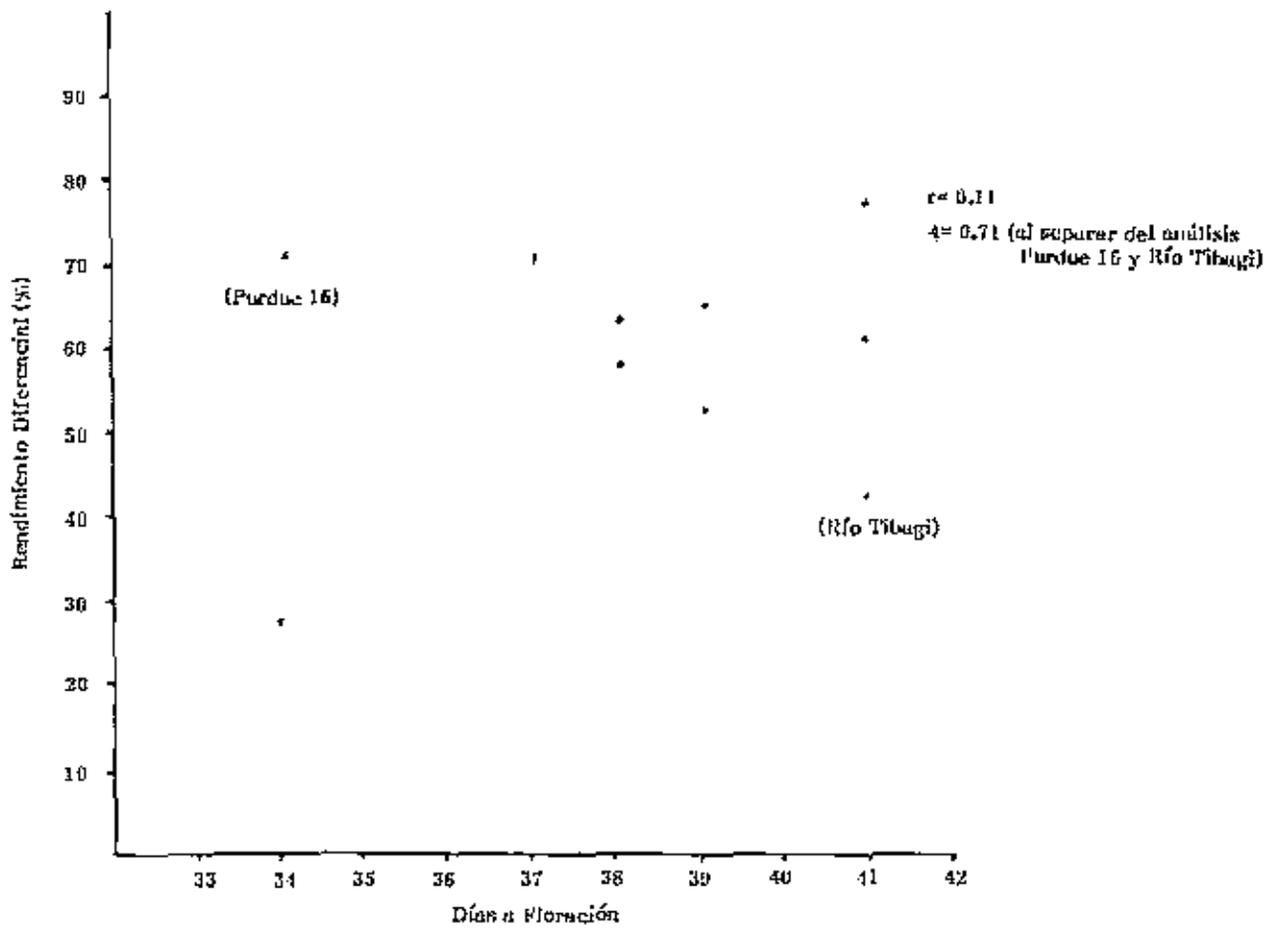


Figura 3: Relación entre días a floración y rendimiento diferencial bajo condiciones de estrés hídrico, en 10 genotipos de Phaseolus sembrados en el Valle El Zamorano, Honduras, 1987.

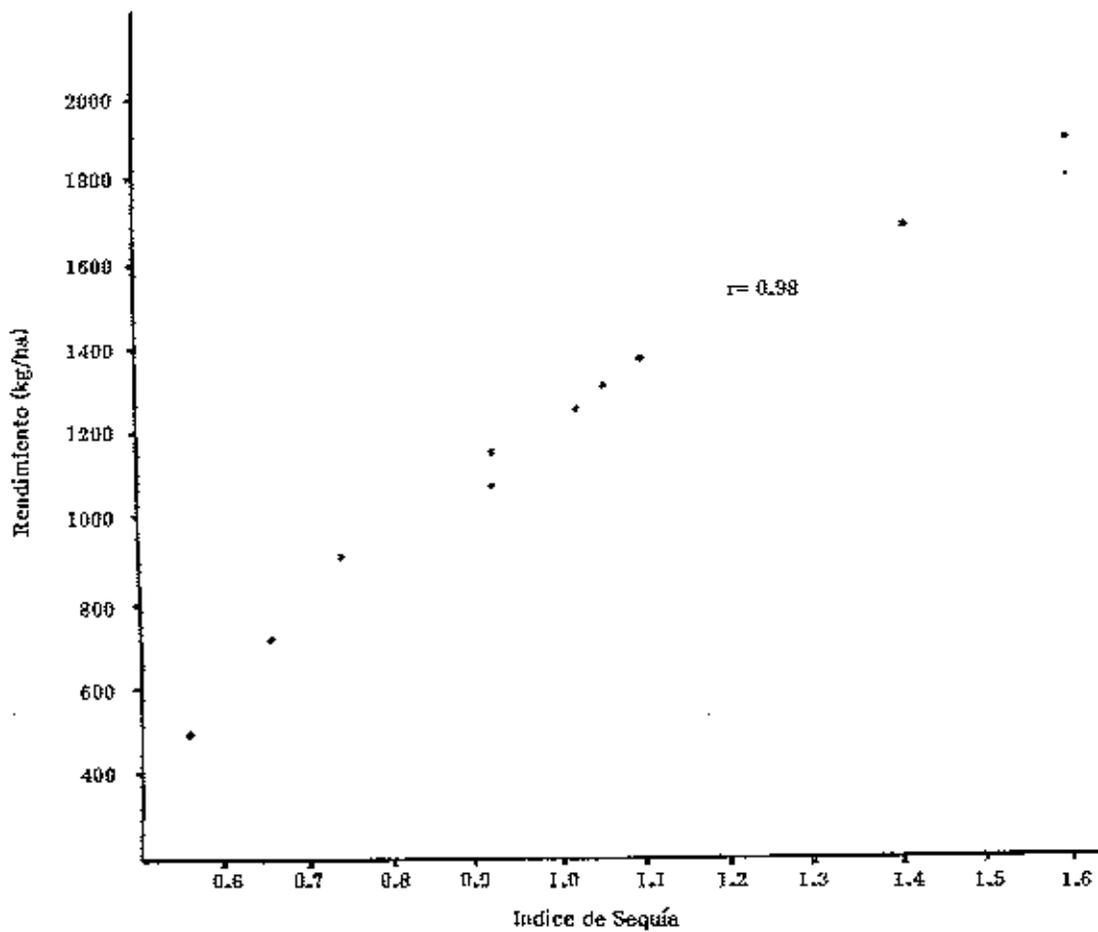


Figura 4: Relación entre índice de sequía y el rendimiento de grano, bajo condiciones de estrés hídrico, en 10 genotipos de *Phaseolus* sembrados en el Valle El Zamorano, Honduras, 1987.

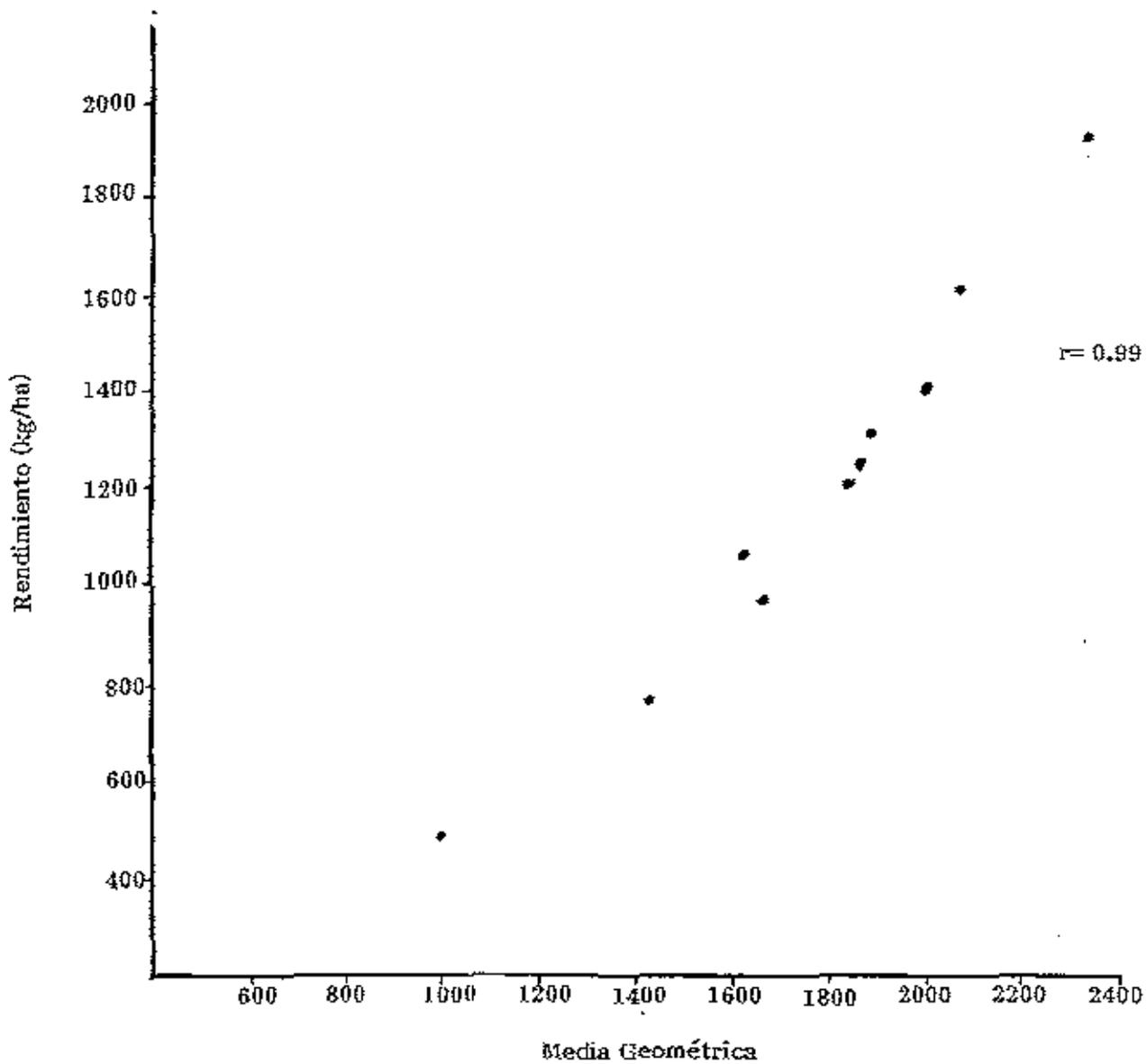


Figura 5: Relación entre media geométrica, bajo condiciones de estrés hídrico, en 10 genotipos de Phaseolus sembrados en el Valle El Zamorano, Honduras, 1987.

obtuvo el más alto rendimiento debido a la aplicación de un riego de 60 mm, una semana después de haberse iniciado la floración. Para esta fecha las plantas de la primera época de siembra entraban a madurez fisiológica y las plantas no se beneficiaron con este riego. Entre la tercera y cuarta fechas de siembra, los rendimientos fueron muy similares a pesar de que la tercera época recibió un riego cuatro días antes de iniciar su floración. Los cultivares en la cuarta fecha de siembra iniciaron su floración dos semanas después del último riego. Sin embargo, la diferencia en rendimiento entre estas dos épocas no fue significativa (Cuadro 7).

Con relación a días a floración y días a madurez fisiológica, el análisis estadístico indicó diferencia significativa al 0.01 de probabilidad entre las fechas de siembra, genotipos y la interacción fechas de siembra x genotipos (Cuadro 8). Al combinar las cuatro fechas de siembra se detectaron genotipos que aceleraron su madurez cuando se sembraron en las fechas de siembra que recibieron menos precipitación. Esta respuesta al estrés hídrico se observó en materiales precoces como PI-312-302 y Purdue 35, y en materiales tardíos como Zamorano, Río Tibagi y Danli 46. Para el caso del PI-312-302 significó una diferencia de siete días en madurez fisiológica entre la primera y la última fecha de siembra (Cuadro 9).

Para el rendimiento de grano se encontró diferencia

significativa entre las fechas de siembra, pero no entre genotipos ni la interacción fechas de siembra x genotipos (Cuadro 8). A-170 e ICTA 81-53, fueron genotipos tardíos que rindieron bien en todas las fechas de siembra, demostrando una vez más, cierta tolerancia a sequía (Cuadro 7). Dentro de los materiales precoces, el que mejor respondió a la sequía, fue la línea Purdue 16. La reducción del rendimiento de las líneas de Purdue 16, 9 y 35 en la cuarta fecha de siembra, con respecto a la segunda, estuvo entre 30 a 39 %, lo que indica un buen nivel de tolerancia a sequía en comparación con los demás genotipos en estudio (Cuadro 7).

La tolerancia a sequía expresada por las líneas generadas en la Universidad de Purdue se podría explicar por precocidad, ya que alcanzan la madurez fisiológica entre los 65 y los 68 días (Cuadro 9). Pero es necesario realizar más estudios, con el objeto de obtener mejor evidencia para determinar si además de precocidad, presentan otras características fisiológicas que indiquen tolerancia a sequía.

Materiales como RAB-50 y Purdue 9 obtuvieron bajos rendimientos de grano, en comparación con otros materiales tardíos, en las dos primeras fechas de siembra (Cuadro 7). Esto indica que al seleccionar genotipos precoces se tiende a incrementar los rendimientos en frijol durante años

relativamente secos, pero se reduce este potencial de rendimiento durante años más húmedos.

Vale la pena mencionar la baja respuesta en rendimiento del genotipo PI-312-302, reportado por Mosjidis y Waines (citado por Zuluaga *et al.*, 1987) como un genotipo capacitado para sobrevivir tanto como *P. acutifolius*, bajo condiciones extremas de sequía y producir vainas con al menos una semilla bien desarrollada. Sin embargo, bajo condiciones de El Zamorano este material redujo sus rendimientos en un 46 % al compararse la segunda fecha de siembra con la cuarta (Cuadro 7).

Al hacer un análisis estadístico de rendimiento entre los materiales precoces y tardíos del ensayo, se encontró diferencias significativas, indicando una ligera ventaja de materiales tardíos sobre los precoces (Cuadro 10). El hecho de tener materiales tardíos que obtengan buenos rendimientos al ser sometidos bajo condiciones de sequía, resulta de gran ventaja para el agricultor, porque este no tendría que usar materiales criollos precoces de bajos rendimientos (como lo son la mayoría de los materiales con que cuenta el agricultor actualmente) para no correr el riesgo de quedarse sin cosecha debido a la sequía. Un ejemplo del buen comportamiento de algunos de estos genotipos tardíos, es el material ICTA 81-53, conocida como la variedad "ICTA Ostua" muy común en Guatemala. Este

material fue reportado como una variedad que ha sido observada en diferentes países centroamericanos como tolerante a sequía (Zuluaga, comunicación personal).

Se ordenaron por orden de mérito los materiales de acuerdo a su rendimiento (Cuadro 11). Analizando este cuadro se puede observar que algunos materiales fueron más o menos constantes en su posición en las diferentes épocas de siembra, tales como A-170 e ICTA 81-53. Por otro lado, Rio Tibagi, material que había respondido muy bien a la sequía en el estudio preliminar, ocupó el penúltimo lugar en la tercera fecha de siembra (Cuadro 9). Esto posiblemente se debió a la mala ubicación de las parcelas de este material en el campo. Materiales rojos locales que obtuvieron posiciones aceptables podrían indicar dos cosas: cierta tolerancia a sequía o mejor adaptación ecológica al valle de El Zamorano.

Cuadro 3. Rendimiento en Kg/ha al 14 % de humedad y peso de 100 semillas de genotipos de Phaseolus, sembrados bajo riego en la época seca. El Zamorano, Honduras, 1987. z

Genotipos	Peso 100 Sem.		Rendimiento (Kg/ha)		y MA	x MG	w IS	v Rendimiento Diferencial
	Riego	Seco	Riego	Seco				
ABO-2	13	13	2705	1944	2325	2293	1.62	28
Río Tibagi	16	16	2636	1651	2144	2086	1.42	37
-8025	19	20	2926	1998	2162	2023	1.08	52
A-170	21	21	2903	1903	2103	1945	1.01	53
Forrillo	22	21	2789	1225	2007	1846	0.99	56
A-70	18	23	2873	1186	2030	1846	0.93	59
BAT 1224	24	25	2578	1049	1814	1644	0.92	59
BAT 477	20	22	2976	957	1967	1638	0.73	68
Purdue 16	16	16	2614	763	1689	1412	0.66	71
Puebla 152	19	18	2965	499	1282	1015	0.55	76
Promedio	19	21	2706	1197	1952	1800	0.99	56
C. V (%)	2.8	3.1	10.6	41.2				

z= Se incluyen los valores de tres parámetros utilizados para medir la respuesta de cada genotipo a la sequía.

y MA= Media Aritmética.

x MG= Media Geométrica.

w IS= Índice de Sequía

v= Rendimiento diferencial.

Cuadro 4. Posición de los 10 genotipos utilizados en el estudio preliminar según su clasificación, usando cuatro criterios de selección para estimar la respuesta a sequía. El Zamorano, Honduras, 1967.

Genotipos	Criterios de Selección			
	Rendimiento Diferencial	Media Aritmética	Media Geométrica	Índice de Sequía
ABO - 2	1	1	1	1
Río Tibagí	2	3	2	2
V-6025	3	2	3	3
A-170	4	4	4	4
Porrillo	5	6	5	5
A-70	6	5	6	6
BAT-1224	7	8	8	7
BAT-477	8	7	7	8
Purdue 16	9	9	9	9
Puebla 152	10	10	10	10

Cuadro 3. Días a madurez fisiológica de 10 genotipos de Phaseolus, sembrados bajo dos condiciones de humedad. El-Zamorano, Honduras, 1957.

Genotipo	Días a floración			Días a madurez		
	Riego	Seco	Diferencia	Riego	Seco	Diferencia
Purdue 16	33	34	1	66	67	1
ABO-2	34	34	0	64	65	1
EAT 477	36	37	1	71	72	1
A 70	39	38	0	72	70	2
V-8025	38	39	1	71	72	1
Porrillo Sintético	38	38	1	72	73	1
EAT 1224	39	39	0	72	73	1
A 170	39	41	2	72	73	1
Río Tibagi	40	41	1	73	74	1
Puebla 167	41	41	0	74	73	1
Promedio	38	38	1.4	71	71	1
C.V (%)	2.7	2.5		1.0	1.7	

Cuadro 6: Coeficiente de correlación lineal (r) entre rendimiento de grano, rendimiento diferencial y otras características fenológicas e índices de sequía de 10 genotipos de frijol bajo dos condiciones de humedad. El Zamorano, Honduras, 1967.

VARIABLES	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento Diferencial
Rendimiento de grano húmedo	0.48	0.25
Días a floración (sequía)	0.16	0.11
Días a floración z	0.05*	0.71*
Días a madurez (sequía)	-0.25	0.25
PER y	-0.29	0.35
Índice de sequía	0.98**	
Media geométrica	0.99**	

z Días a floración bajo condiciones de sequía, retirando dos materiales del análisis, (A80-2 y Puebla 152).

y Período efectivo de reproducción bajo condiciones de sequía.

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

Cuadro 7. Rendimiento en grano de 14 genotipos de frijol en cuatro fechas de siembra. El Zamorano, Honduras, 1987.

Genotipo	Fechas de Siembra				Rendimiento	
	1	2	3	4	Promedio	Diferencial
<u>Precoces</u>						
Purdue 16	827	1136	654	697	829	39
Cuarentaño	834	1188	658	617	824	48
Rab 50	796	1151	539	802	792	42
Desarrural	753	1191	660	564	792	53
Purdue 9	777	964	694	692	787	30
Purdue 36	840	923	655	584	751	37
PI 312-302	723	976	614	529	711	46
Promedio	793	1078	639	641	788	42
<u>Tardíos</u>						
A 170	1139	1393	625	734	1023	47
Río Tibagi	1134	1219	526	728	902	40
ICTA 81 53	979	1155	696	772	898	37
San Cristóbal	1019	906	831	664	855	35
Danlí 46	990	1097	720	546	838	50
BAT 477	1022	979	470	620	773	37
Zamorano	894	987	633	463	744	53
Promedio	1025	1105	670	640	862	43

z Los materiales están organizados en forma descendente por su rendimiento y separados en dos grupos por su fenología, precoces y tardíos.

y Rendimiento diferencial entre la segunda y cuarta fecha de siembra.

Cuadro 3. Resultado del análisis de varianza de caracteres fenológicos y rendimiento de grano, de 14 genotipos de frijol del Ensayo 2 sobre fechas de siembra. El Zamorano, Honduras, 1987

Cuadrado medio de tratamiento.

<u>Fuentes de variación</u>	<u>Días a flor</u>	<u>Días a madurez</u>	<u>Rdto. grano</u>
Repeticiones	5 ns	15 ns	75249 ns
Fecha siembra (F)	12 **	104 **	2633881 **
Genotipo (G)	1945 **	9631 **	100952 ns
F x G	186 **	337 **	1663070 ns
Error	65	71	7318830

\*\* Significancia al 0.01 de probabilidad

ns No significancia

Cuadro 9: Clasificación según orden de mérito por rendimiento Kg/ha de los 14 genotipos de frijol evaluados en el Ensayo 2 sobre fechas de siembra. El Zamorano, Honduras, 1967.

Genotipo	Rendimiento (Kg/ha)				Promedio	
	1z	2	3	4	Aritmético	Geométrico
A 170	1	1	2	2	1	1
Río Tibagi	2	2	13	3	2	3
ICTA 81 53	6	5	5	4	3	2
San Cristóbal	4	14	1	7	4	4
Danly 46	5	8	3	12	5	6
Purdue 16	10	7	9	5	6	5
Cuarenteño	9	4	7	9	7	7
Rab 50	11	6	6	1	8	8
Denarrural	13	3	12	11	9	10
Purdue 9	12	10	4	6	10	9
Bax 477	3	11	14	8	11	12
Purdue 35	8	13	6	10	12	11
Zamorano	7	9	10	14	13	13
PI 312-302	14	12	11	13	14	14

z Fechas de siembra

Cuadro 10. Resultados del análisis de varianza de rendimiento de grano de genotipos de frijol precoces y tardíos del Ensayo 2 sobre fechas de siembra. El Zamorano, Honduras, 1987.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F	Prob.
Fechas de Siembra	3	1975410	658470	61.77	**
Precoz vs. Tardío	1	69742	69742	6.54	*
Residuos	12	260353	21696		
Error	39	415768	10661		

C.V. = 12.49 %

Cuadro 11. Clasificación según orden de mérito por rendimiento Kg/ha de los 14 genotipos de frijol evaluados en el Ensayo 2 sobre fechas de siembra. El Zamorano, Honduras, 1987.

Genotipo	Rendimiento (Kg/ha)				Promedio	
	1z	2	3	4	Aritmético	Geométrico
A 170	1	1	2	2	1	1
Río Tibagi	2	2	13	3	2	3
ICTA 81 53	6	5	5	4	3	2
San Cristóbal	4	14	1	7	4	4
Danlú 46	5	8	3	12	5	6
Purdue 16	10	7	9	5	6	5
Cuarenteño	9	4	7	9	7	7
Rab 50	11	6	6	1	8	8
Desarrollal	13	3	12	11	9	10
Purdue 9	12	10	4	6	10	9
Bat 477	3	11	14	8	11	12
Purdue 35	8	13	8	10	12	11
Zamorano	7	9	10	14	13	13
PJ 312-302	14	12	11	13	14	14

z Fechas de siembra

## CONCLUSIONES

Con los datos obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones.

1. A80-2, Río tibagi, V-8025' y A-170 mantuvieron un potencial de rendimiento superior a los demás genotipos cuando fueron sometidos a estrés hídrico. Esto sugiere que dicho genotipos deben poseer algún mecanismo fisiológico de tolerancia a sequía.

2. No todos los genotipos aceleraron su madurez fisiológica tan pronto se les expuso a sequía; principalmente cuando esta fue inducida, como en el estudio preliminar.

3. La media geométrica y el índice de sequía fueron los criterios de selección de mayor utilidad en este estudio.

4. EL conocimiento sobre el comportamiento de las variedades es indispensable para poder definir con más probabilidades de éxito la fecha de siembra.

5. Materiales tardíos mantuvieron un potencial de rendimiento superior a los precoces en todas las fechas de

siembra. Esto sugiere que resultaría de mayor beneficio para el agricultor, el usar materiales tardíos que presenten cierta tolerancia a sequía y no disponer de materiales precoces de bajo potencial de rendimiento, pero con un mecanismo de escape a la sequía.

6. La precocidad de la línea PI 312-302, no parece ser lo mejor para proteger al cultivo contra la sequía.

7. Anticipar la fecha de siembra en postrera lo más que se pueda, es una de las mejores alternativas para afrontar el problema de la mala distribución de las lluvias.

8. Los materiales rojos locales, como ser Desarrural y Cuarenteño, presentaron un comportamiento aceptable bajo condiciones de sequía.

## LITERATURA CITADA

- Beebe, S, Rodriguez, R. y Masaya, P. 1984. Dos estudios sobre el Efecto de Sequia en el Frijol con variedades precoces y tardias, en Jutiapa, Guatemala, 1983. En: Resúmenes XXX Reunión PCCMCA, Managua, Nicaragua. Abril 30-Mayo 5. 154p.
- Beeg, J.E y N.C. Turner. 1976. Crop Water Deficits. Adv. Agron. 27:1-22.
- Denmead, D. T. y R. H. Shaw. 1960. The effects of Soil Moisture stress at different stages of growth on the development and Yield of corn. Agron. J. 52: 272-274.
- Fisher, K.S. 1983. Breeding and Selection for drought resistance in tropical maize. Centro Internacional de Mejoramiento de maíz y Trigo CIMMYT. El Batán, México.
- Floor, E. M., Rhemmen, J. 1983. Shortening the breeding cycle of beans. The influence of drought stress, leaf removal and harvest date. Michigan Dry Bean Digest 8(1):14-15.
- Gardner, F. 1985. Physiology of Crop Plants. Water Relations. 2a ed. Iowa State University Press. pp. 76-97.
- Guainaraes, C. M. 1986 Drought resistance in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Be in improvement cooperative. Annual report 29:130-131.
- Ibarra, F. 1987. Efectos de Sequia en características morfofisiológicas en genotipos de frijol en dos localidades de Durango, México. En: Taller de sequia en frijol, CIAT, Cali, Colombia. Octubre 18-21. 33p.
- Karel, A. K. 1983. Effect of time of planting on Insect pests and yield of longon beans. Bean improvement cooperative. Annual report. 26:108-110.
- Kramer, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelo y plantas. Edutex, S.A. México. 385p.
- Laing, D. R., P. J. Kretchmer, S. Zuluaga. 1983. Field beans. In: Potential Productivity of field crops under different environments, IRRI, Los Baños, Phylippines. pp 227-248.
- Márquez, J. 1979. Estudio de la respuesta a sequia de 8 variedades de maíz por el método de germinación de semillas en concentraciones molares de sacarosa. Tesis para Maestría en Fitomejoramiento. Monterrey, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. 51p.

- Mayaki, W. C, I. D, Teare, and L. R. Stone. 1976. Consumptive use of water and irrigation water requirements. *Crop. Sci.* 16: 92-94.
- Markhart, A. M. 1985. Comparative water relations of Phaseolus vulgaris L. and Phaseolus acutifolius Gram. *Plant Physiology* 77:113-117.
- Morgan, J. M. 1983. Osmoregulation as a selection criterion for drought tolerance in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 34:607-614.
- Nabham, G. P. y R. S. Felger. 1978. Teparies in Southwestern North America. A biogeographical and ethnohistorical study of Phaseolus acutifolius. *Econ. Bot.* 32:2-19.
- Oliviera, I. P. y F. C. Estrela. 1983. Yield components of common bean (Phaseolus vulgaris L.) as influenced by planting date. *Bean improvement cooperative. Annual report* 26:6-7.
- Pal, V. R., R. R. Johnson y R. H. Hageman. 1976. Nitrate reductase activity in heat (drought) tolerant and intolerant maize genotypes. *Crop Sci.* 16:775-779.
- Parsons, L. R. 1979. Breeding for drought resistance. What plant characteristics important resistance? *Hort.Sci.* 14(5): 590-593.
- Peterson, A. C y D. D. Davis. 1982. Yield response of Phaseolus vulgaris L. and Phaseolus acutifolius subjected to water stress. *Bean improvement cooperative. Annual report* 25:53-54.
- Rodriguez, R. 1987. Investigación para tolerancia a sequia en frijol. Guatemala. En: Taller de sequia en frijol, CIAT, Cali, Colombia. Octubre 19-21. 29p.
- Samper, C. y M. W. Adams. 1985. Geometric mean of stress and control yield as a selection criterion for drought tolerance. *Ann. report improv. coop.* 28:53-54.
- Spanchiado, B. N.. 1985. A valiação do sistema radicular do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) como um mecanismo de tolerância ao déficit hídrico. Tesis para maestría en producción vegetal. Rio Grande do Sul, Universidad Federal de pelotas, Brasil. 113p.

- Tesha, A. J. 1983. Comparative drought tolerance in selected common bean cultivars. In Minjar, A. N.; Salema, M. P., eds. Workshop on Bean Research in Tanzania, 4th., Morogoro, Tanzania, 1985. Proceedings. Tanzania, Sokoine University of agriculture. pp. 35-37.
- Thomas, C. V., Marshadt, R. M. y Wainer, J. 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.
- Turner, N. C. 1979. Drought resistance and adaptation to water deficits in plants. In: H. Mussell and R. C. Staples (eds.). *Stress physiology in crop plants*. John Wiley and Sons, New York. pp. 343-372.
- Vasquez, V. M. 1984. Efecto de sequia impuesta en distintas épocas en el rendimiento y sus componentes en cinco genotipos precoces e intermedios de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en Guatemala. En: Taller de Sequia en frijol, CIAT, Cali, Colombia. Octubre 19-21, 1987. 48p.
- Villareal, A. G. 1986. Resistencia a la sequia en frijol (Phaseolus vulgaris L.); a partes morfológicas y osmóticas. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 151p.
- White, J. W. y S. P. Singh. 1985. Drought research on beans at CIAT. Paper presented at Durango, México, conference on drought and heat tolerance in beans and cowpea. August 25-28. 25p.
- Zuluaga, S., C. M. Elvir, C. Rodríguez-Serrano y J. D. Erazo. 1987. Investigaciones sobre tolerancia sequia en frijol en Honduras. Presentado en el Taller Internacional de tolerancia a sequia de frijol. CIAT, Cali, Colombia, octubre. 24p.