

## EFECTO DE LA SEQUIA EN LA CALIDAD DE LA SEMILLA DE FRIJOL COMUN (*Phaseolus vulgaris* L.)\*

### EFFECT OF DROUGHT STRESS ON SEED QUALITY OF COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.)

Patricia Pérez Herrera<sup>1</sup>, Efraín Acosta Díaz<sup>2</sup>, Saúl Padilla Ramírez<sup>3</sup> y Jorge A. Acosta Gallegos<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>M.C. y <sup>2</sup>Dr., Investigadores del Programa de Frijol. Campo Experimental Valle de México, INIFAP. Apdo. Postal 307. C. P. 56101, Texcoco, Edo. de Méx.

<sup>3</sup>Dr. Investigador del Programa de Frijol. Campo Experimental Pabellón, Pabellón, Aguascalientes, jamk@mpsnet.com.mx

#### RESUMEN

En el Altiplano de México el rendimiento y la calidad del grano de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado en condiciones de temporal, son afectados por los déficits temporales de humedad típicos de la región. En la presente investigación se caracterizó el grano de 20 genotipos de frijol de cuatro razas genéticas y tipos de grano. Estos se produjeron durante el ciclo agrícola de 1996 en Chapingo, Méx., en condiciones de riego y sequía temporal inducida en la etapa reproductiva. En el tratamiento de riego el subsuelo se mantuvo a 75% o más de la capacidad de campo, mientras que en el de sequía el riego se suspendió por 30 días a partir del inicio de la floración; el sitio experimental se protegió de la lluvia con un cobertizo de polietileno montado sobre una estructura metálica. Las características cuantificadas en el laboratorio de calidad fueron las siguientes: peso y volumen de 100 granos, capacidad de absorción de agua a las 18 h de remojo, tiempo de cocción por el método sensorial, y contenido de proteína. La sequía temporal disminuyó el tamaño del grano en forma diferencial en los genotipos estudiados, detectándose una interacción del efecto de ésta con el ciclo biológico del cultivo; los genotipos precoces fueron menos afectados por la sequía. El déficit hídrico incrementó de 25 a 29% en promedio el contenido de proteína del grano y el tiempo de cocción en 20 minutos. Los genotipos más afectados en la variable tiempo de cocción fueron Negro

Tacaná, Negro 8025, Negro Veracruz y Negro INIFAP, de la raza Mesoamericana; y Manzano, Flor de Mayo M38 y Bayo Mecentral, de la raza Jalisco, todos caracterizados por bajos tiempos de cocción. El déficit hídrico en la etapa reproductiva favoreció el endurecimiento del grano y modificó la distribución de los componentes nutricionales, lo que se reflejó como un incremento en el contenido de proteína.

**Palabras clave:** Frijol, frijol común, sequía, *Phaseolus vulgaris*, déficit hídrico, calidad de grano, cocción, razas genéticas, tipo de frijol, contenido de proteína, ciclo vegetativo, riego.

#### ABSTRACT

In the highlands of Mexico intermittent drought stress reduces the seed yield and quality of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In this research the seed of 20 representative bean genotypes of four different genetic races were characterized. Genotypes were grown in 1996 at Texcoco, Mexico, under watered and drought stress conditions during the reproductive stage. Under the watered condition the soil was maintained at 75% of its water holding capacity during the whole growing cycle, and under

\* Fecha de recepción : 25 de marzo de 1999

Fecha de aceptación: 25 de octubre de 1999

drought stress, irrigation was withheld from the beginning of flowering to the middle of the grain filling stages. In the seed quality laboratory the following traits were determined: 100 seed weight and volume, water absorption capacity after 18 h soaking, cooking time by the sensorial method and protein content. Water stress significantly reduced the seed weight and volume; early maturing genotypes were less affected by the stress. The average protein content for the 20 genotypes under water stress was 4% higher than in irrigated conditions (29 vs. 25% on dry weight basis); cooking time was also enhanced about 20 min by the stress (133 vs. 115 min means, respectively). Genotypes with short cooking times were highly affected by the stress, *i.e.* in the Mesoamerican race: Negro Tacana, Negro 8025, Negro Veracruz and Negro INIFAP, and in the Jalisco race: Manzano, Flor de Mayo M38 and Bayo Mecentral. The water stress treatment increased cooking time and modified the seed nutrients balance, by enhancing the protein content in the seed.

**Key words:** Common bean, dry bean, drought, *Phaseolus vulgaris*, water stress, grain quality, cooking quality, genetic races, bean type, protein content, vegetative cycle, irrigation.

## INTRODUCCION

En el Altiplano de México el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) por lo general se cultiva en condiciones climáticas desfavorables, entre las que se encuentra el déficit hídrico intermitente, en suelos con baja fertilidad y bajo contenido de materia orgánica. El déficit hídrico intermitente es el factor abiótico limitante más importante, ya que es el responsable de la reducción del rendimiento del frijol de temporal. En las tierras bajas tropicales la sequía terminal reduce el rendimiento cuando el frijol se siembra al final de la época de lluvias (Acosta-Gallegos *et al.*, 1998).

Cuando el déficit de humedad en el suelo ocurre durante la etapa reproductiva, el rendimiento del frijol es más afectado que cuando se presenta en la etapa vegetativa (Salter y Goode, 1967; Mojarro-Dávila, 1977; Magalhaes *et al.*, 1979; Acosta-Gallegos y Kohashi-Shibata, 1989; Acosta-Gallegos y Adams, 1991; Ramírez-Vallejo y Acosta-Gallegos, 1994).

Además del efecto de la sequía en el rendimiento del cultivo de frijol, se debe considerar el efecto del mismo en la calidad del grano. La importancia de ello radica en que es

necesario saber si el grano tendrá calidad comercial (tamaño y color) y calidad de cocción.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del tratamiento de sequía temporal en las características físicas, calidad de cocción y contenido de proteína de 20 genotipos de frijol común.

## MATERIALES Y METODOS

**Localidad de siembra.** El experimento se sembró en el Campo Experimental Valle de México del INIFAP, en Chapingo, Méx. (19° 30' N, 98° 51' W y 2250 msnm) en el que se incluyeron 20 genotipos de frijol. Se condujo durante el ciclo primavera-verano de 1996, en condiciones de riego, y sequía temporal inducida en la etapa reproductiva.

**Material genético.** Los genotipos utilizados en el presente trabajo se presentan en el Cuadro 1. Entre éstos se incluyeron materiales de cuatro razas genéticas (Singh *et al.*, 1991) y tipo de grano.

**Tratamientos.** Los de humedad utilizados para evaluar los genotipos fueron los siguientes:

1. Riego: el suelo se mantuvo con 75% o más de humedad a capacidad de campo, que incluyó precipitación pluvial y riegos frecuentes.
2. Sequía: el riego se suspendió por un periodo de 30 días a partir del inicio de la floración, y el sitio experimental se protegió de la lluvia con un cobertizo de polietileno montado sobre una estructura metálica; posteriormente se reanudó el riego hasta la madurez fisiológica.

**Diseño experimental.** Los tratamientos formados por los genotipos de frijol y los dos niveles de humedad edáfica (riego y sequía) se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, y un arreglo de tratamientos en parcelas divididas, en donde la parcela grande fue la humedad del suelo y la parcela pequeña los genotipos. La parcela experimental fue de dos surcos de 5.0 m de longitud, separados por una distancia de 60 cm.

**Variables respuesta.** Las variables respuesta cuantificadas por duplicado en el grano de frijol cosechado en la etapa de madurez fisiológica de la planta y secado al sol, proveniente

**Cuadro 1. Características de los 20 genotipos de frijol incluidos en el estudio. Campo Experimental Valle de México, Chapingo, Edo. de Méx. 1996.**

| Genotipo           | Raza*         | Status | Hábito | Región de origen  | Ciclo vegetativo | Tipo de grano |
|--------------------|---------------|--------|--------|-------------------|------------------|---------------|
| Bayo Victoria      | Durango       | M      | III    | Semiárida         | Intermedio       | Bayo          |
| Bayo Baranda       | Durango       | C      | III    | Semiárida         | Intermedio       | Bayo          |
| Bayo Zacatecas II  | Durango       | M      | III    | Semiárida         | Intermedio       | Bayo          |
| Bayo Madero        | Durango       | M      | III    | Semiárida         | Precoz           | Bayo          |
| Bayo Criollo Llano | Durango       | C      | III    | Semiárida         | Tardío           | Bayo          |
| Pinto Zapata       | Durango       | M      | III    | Amplia adaptación | Precoz           | Pinto         |
| Pinto Villa        | Durango       | M      | III    | Altiplano         | Intermedio       | Pinto         |
| Satevó             | Durango       | M      | III    | Semiárida         | Precoz           | Café          |
| Bayomex            | Nueva Granada | M      | I      | Templada          | Precoz           | Bayo          |
| G 4523             | Nueva Granada | M      | II     | Templada          | Intermedio       | Rojo Moteado  |
| Manzano            | Jalisco       | M      | III    | Semiárida         | Intermedio       | Manzano       |
| Bayo Mecentral     | Jalisco       | M      | III    | Templada          | Intermedio       | Bayo          |
| Flor de Mayo M 38  | Jalisco       | M      | III    | Bajo              | Tardío           | F. Mayo       |
| Negro Cotaxtla 91  | Mesoamericana | M      | II     | Trópico           | Intermedio       | Negro         |
| Negro 8025         | Mesoamericana | M      | III    | Templada          | Intermedio       | Negro         |
| Negro Tacaná       | Mesoamericana | M      | II     | Trópico           | Intermedio       | Negro         |
| Negro INIFAP       | Mesoamericana | M      | II     | Trópico           | Intermedio       | Negro         |
| Negro Veracruz     | Mesoamericana | M      | III    | Trópico           | Intermedio       | Negro         |
| BAT 477            | Mesoamericana | M      | III    | Amplia adaptación | Intermedio       | Rosa          |
| Sequía 12          | Mesoamericana | M      | II     | Amplia adaptación | Precoz           | Crema         |

\* Singh, *et al.* 1991.; M = Variedad mejorada; C = Genotipo criollo

de todos los genotipos en los dos tratamientos fueron las siguientes: peso y volumen de 100 granos, capacidad de absorción de agua a las 18 h de remojo (Guzmán-Maldonado *et al.*, 1995; Elías *et al.*, 1986); tiempo de cocción, determinado por el método de evaluación sensorial después de un período de remojo de 18 h. La cocción se llevó a cabo en un equipo para determinación de fibra cruda provisto de condensadores de reflujo, en el cual el grano se sometió a cocción hasta obtener una textura suave del grano característica del frijol cocido (Elías *et al.*, 1986). Además, se determinó el contenido de proteína a través de un método colorimétrico en el equipo "Technicon Automatizado" (Larry y Charles, 1974).

**Análisis estadístico.** Se realizaron análisis de varianza, comparaciones de medias (Tukey  $\alpha = 0.05$ ) y correlación entre pares de variables, con el paquete SAS para microcomputadora.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ( $\alpha = 0.01$ ) entre los tratamientos de humedad evaluados (Cuadro 2), entre genotipos, así como para la interacción régimen hídrico x genotipo para todas las variables cuantificadas, a excepción de la capacidad de absorción de agua.

En los genotipos evaluados se observó amplia variabilidad en las características físicas de grano (peso y volumen de 100 granos), capacidad de absorción de agua y tiempo de cocción en los genotipos estudiados (Cuadro 2). En cuanto a contenido de proteína se observó baja variabilidad, como resultado de las características genéticas propias de los genotipos evaluados, de la influencia de las condiciones ambientales que se presentaron en la localidad de siembra y del efecto de la disponibilidad de agua durante el desarrollo del cultivo. La existencia de variabilidad genética es indispensable para el desarrollo de un programa de mejoramiento genético.



**Cuadro 2. Estadísticas básicas de características físicas y de calidad del grano en promedio de 20 genotipos de frijol en dos tratamientos de humedad. Campo Experimental Valle de México, Chapingo Edo. de Méx. 1996.**

| Características         | Riego               | ds <sup>1</sup> | Sequía              | ds <sup>1</sup> |
|-------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
|                         | promedio            |                 | promedio            |                 |
| Peso 100 granos (g)     | 39.7 a <sup>2</sup> | 11.8            | 30.2 b <sup>2</sup> | 10.4            |
| Volumen 100 granos (mL) | 32.7 a              | 11.2            | 26.5 b              | 9.4             |
| % Proteína <sup>3</sup> | 25.0 b              | 2.5             | 29.0 a              | 3.1             |
| % Absorción de agua     | 63.7 a              | 36.4            | 71.4 a              | 38.3            |
| Tiempo de cocción (min) | 114.9 b             | 43.0            | 133.1 a             | 39.9            |

<sup>1</sup>Desviación Estándar; <sup>2</sup>Tukey  $\alpha=0.05$  entre tratamientos; <sup>3</sup>Base seca; \*Promedios entre columnas con letras diferentes no son estadísticamente iguales ( $\alpha=0.01$ )

La magnitud de la desviación estándar observada para las características evaluadas representa la variación contenida dentro del grupo de genotipos incluidos en este estudio para cada variable particular.

#### Tamaño del grano (peso y volumen de 100 granos).

En la Figura 1 se observa que el grano de los genotipos de frijol tipo bayo de la región semiárida (raza Durango) fue el de mayor tamaño, el de mayor tiempo de cocción, y de bajo contenido de proteína; mientras que el grano de los genotipos de frijol negro opaco de la región tropical húmeda presentó un tamaño pequeño, reducido tiempo de cocción y alto contenido de proteína. La asociación entre estas características se observa a través de los resultados del análisis de correlación, en el cual se detectaron correlaciones negativas y altamente significativas ( $\alpha = 0.01$ ) entre el contenido de proteína y el peso ( $r = -0.58$ ) y volumen ( $r = -0.54$ ) de 100 granos. Por otra parte, se detectó una correlación positiva y altamente significativa ( $\alpha = 0.01$ ) aunque baja entre el volumen de grano y el tiempo de cocción ( $r = 0.30$ ). Esto último es similar a lo observado por Castellanos y Acosta-Gallegos (1992) quienes señalaron que variedades con mayor tamaño de grano registran mayor tiempo de cocción.

El peso y volumen de 100 granos se vieron reducidos por la sequía temporal en 9.5 g y 6.2 mL, valores menores en aproximadamente 24 y 19% del promedio obtenido bajo condiciones de riego (Cuadro 2, Figura 1). La reducción en el tamaño del grano está relacionada con la disminución en el rendimiento bajo la condición de sequía al final de la etapa reproductiva, ya que de los componentes principales de rendimiento, éste se define en dicha etapa de desarrollo (Acosta-Gallegos y Kohashi-Shibata, 1989 y Acosta-

Gallegos y Adams, 1991). Contrariamente, el contenido de proteína y el tiempo de cocción del grano se incrementaron en el tratamiento de sequía. Entre los genotipos de grano grande, el que mostró la máxima reducción en el tamaño del grano por efecto de la sequía fue la variedad Bayo Zacatecas II, y entre los de grano pequeño las variedades Negro 8025, Negro Tacaná y Negro INIFAP. Los genotipos menos afectados fueron Pinto Zapata y Bayo Criollo del Llano, de la región semiárida y BAT 477, Negro Cotaxtla 91 y Negro Veracruz, del trópico bajo (Figura 1).

El volumen del grano mostró una respuesta similar al peso del mismo. El hecho de que el tamaño del grano fuera la característica más afectada por la sequía se debió a que la sequía fue terminal, ya que de los componentes del rendimiento, el tamaño del grano es el último que se define en la etapa reproductiva (Adams, 1967).

**Tiempo de cocción.** El tiempo de cocción del grano de frijol es una de las características que determina la aceptación por el consumidor, quien rechaza el frijol con tiempos de cocción prolongados (Castellanos *et al.*, 1997). La sequía en la etapa reproductiva provocó un incremento de 20 min en el promedio del tiempo de cocción, que representa un 16% de aumento en el promedio del tiempo de cocción que tarda un frijol cultivado en condiciones de riego (Cuadro 2).

En el tiempo de cocción de los 20 genotipos estudiados se observó una respuesta diferencial por efecto de la sequía durante la etapa de llenado del grano. En general el efecto de la sequía en el incremento del tiempo de cocción resultó ser mayor en los materiales con menor tiempo de cocción, es decir, con mayor calidad culinaria (Figura 2).

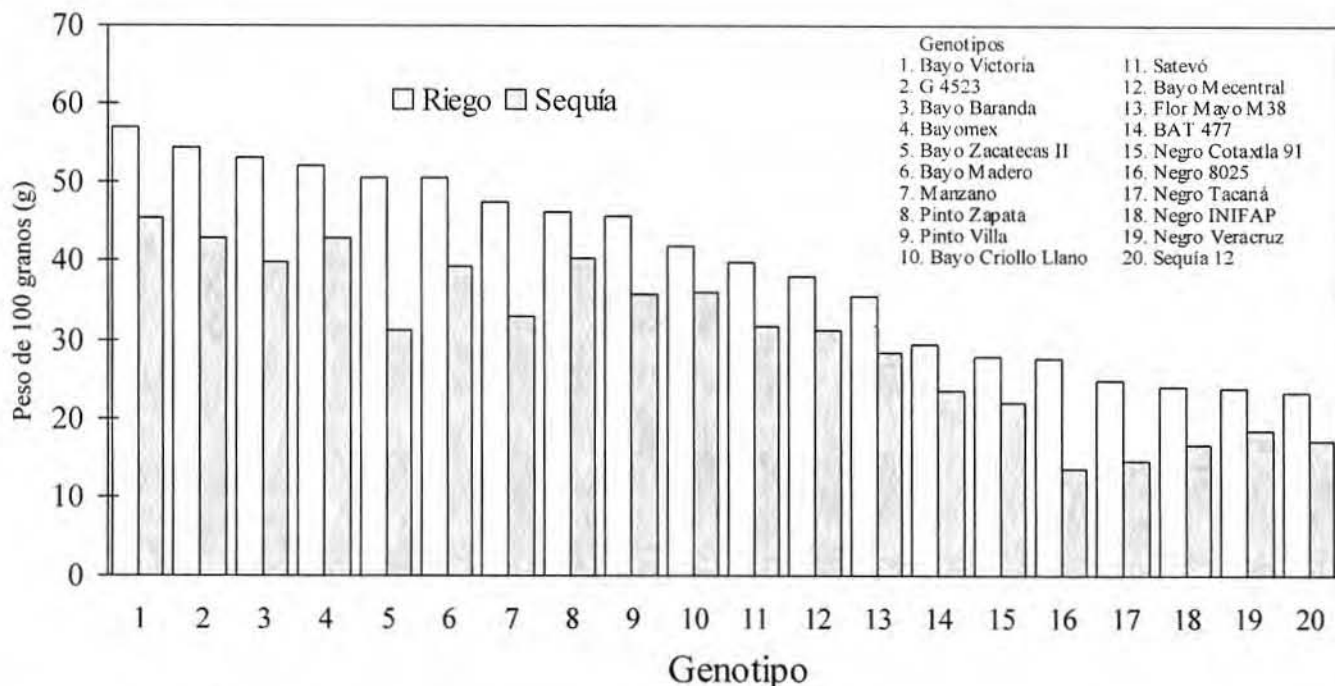


Figura 1. Efecto del régimen hídrico en el peso de 100 granos en 20 genotipos de frijol.

Al agrupar los genotipos de acuerdo con su origen y algunas características agronómicas se encontró que los más afectados en el tiempo de cocción a causa del déficit hídrico fueron los de las razas Mesoamericana y Jalisco, con adaptación a regiones tropicales y al altiplano subhúmedo con disponibilidad de agua, respectivamente, genotipos caracterizados por sus relativamente bajos tiempos de cocción.

Los genotipos de frijol tipo bayo de ciclo intermedio, desarrollados en la región semiárida de México, representados por variedades de frijol con tiempos de cocción altos, presentaron un mínimo incremento en esta característica por efecto de la sequía; mientras que los genotipos de ciclo precoz de las razas Nueva Granada y Durango no modificaron el tiempo de cocción como respuesta a la falta de humedad en el suelo, ya que debido a su precocidad minimizaron el efecto negativo del déficit de agua.

Las variedades Bayo Mecentral, Negro INIFAP, Flor de Mayo M 38, Negro Veracruz, Negro 8025 y Negro Tacaná, de buena calidad culinaria, incrementaron de 31 a 93% la dureza del grano por efecto de la sequía, con relación al tiempo de cocción obtenido en la condición de riego (Figura 2).

De acuerdo con estos resultados, el efecto de los factores ambientales sobre los atributos culinarios del grano de frijol debe evaluarse agrupando a dichos materiales por características agronómicas, origen geográfico, calidad culinaria y duración del ciclo del cultivo.

**Contenido de proteína.** La sequía en la etapa reproductiva modificó la concentración de los componentes químicos del grano. Se observó un incremento en el contenido de proteína del 4% aproximadamente en promedio; alrededor de un 16% más que el porcentaje de proteína obtenido en el tratamiento de riego (Cuadro 2, Figura 3). El contenido de proteína en los genotipos varió de 21.1 a 35.6%, valores ubicados dentro de los intervalos reportados para este componente por otros investigadores (Bressani *et al.*, 1960; Nabhan *et al.*, 1985; Jacinto *et al.*, 1993 y Castellanos *et al.*, 1994).

En la literatura se reporta una asociación negativa entre el contenido de proteína del grano y el rendimiento (Kelly y Bliss, 1972), y se modifica por el ambiente de producción (Castellanos *et al.*, 1994) y por las fluctuaciones en el contenido de almidón y otros carbohidratos del grano (Ortega, 1979).

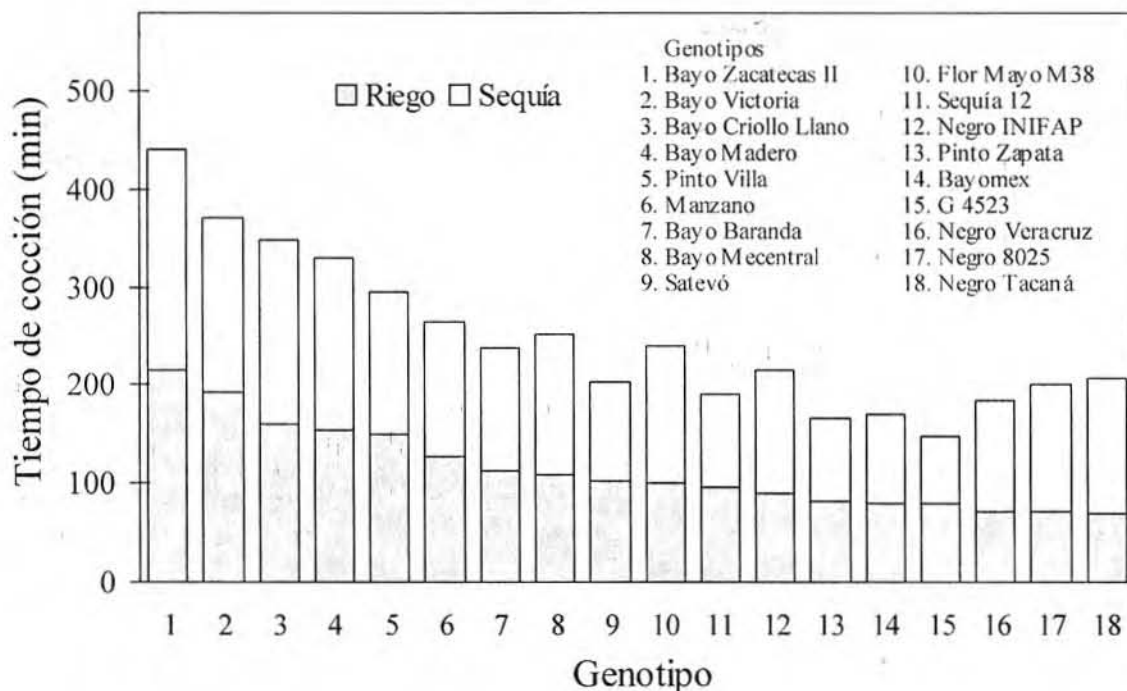


Figura 2. Efecto del régimen hídrico en el tiempo de cocción de 18 genotipos de frijol.

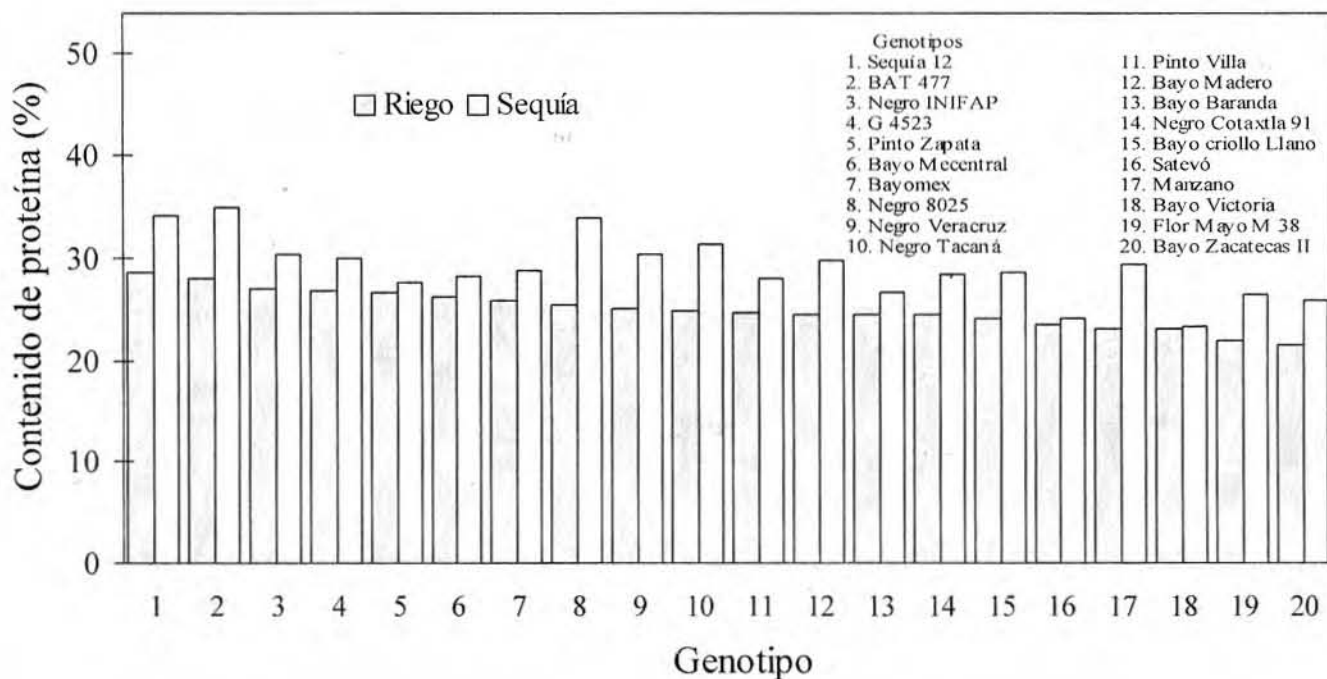


Figura 3. Efecto del régimen hídrico en el contenido de proteína en 20 genotipos de frijol.

El alto contenido de proteína obtenido en la condición de sequía puede explicarse por la reducción en el rendimiento (Acosta *et al.*, 1989, 1991 y 1998), asociado con la disminución en el tamaño del grano, así como por el probable menor contenido de almidón en el mismo, ya que cuando las condiciones no son favorables para el desarrollo del grano, se altera la proporción de sus componentes (Cuadro 2, Figura 3). Al respecto, Dorsey-Reeding *et al.*, 1991, señalan la existencia de una correlación negativa entre el contenido de proteína y almidón en el grano de maíz.

## CONCLUSIONES

1. La sequía al final de la etapa reproductiva provocó una disminución en el tamaño del grano de los genotipos estudiados en forma diferencial, y se detectó una interacción entre el efecto de ésta y la duración del ciclo de cultivo. Los genotipos de ciclo precoz escaparon al efecto de la sequía.
2. Durante la etapa reproductiva del cultivo la sequía afectó en forma diferencial el tiempo de cocción. Los genotipos más afectados fueron los de las razas Mesoamericana y Jalisco, caracterizados por tiempos de cocción relativamente bajos.
3. El déficit hídrico favoreció el endurecimiento del grano de frijol y modificó la distribución de los componentes nutricionales, lo que se reflejó en un incremento en el contenido de proteína.

## LITERATURA CITADA

- Acosta G., J. A. and Kohashi S., J. 1989. Effect of water stress on growth and yield of indeterminate dry-bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Field Crops Res.* 20:81-93.
- Acosta G., J. A. and Adams, M. W. 1991. Plant trait and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under drought stress. *J. Agric. Sci.* 117:213-219.
- Acosta G., J. A.; Acosta D., E.; Padilla R., S.; López S., E.; Salinas P., R. A.; Mayek P., N. and Kelly, J. D. 1998. Seed yield of dry bean cultivars under drought stress. *Ann. Rep. Bean Imp. Coop.* 41:151-152.
- Adams, N. W. 1967. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bean *Phaseolus vulgaris* L. *Crop. Sci.* 7:505-507.
- Bressani, R.; Méndez, J. y Scrimshaw, N. W. 1960. Valor nutritivo de los frijoles centroamericanos III. *Archivos Venezolanos de Nutrición* 10:71-84.
- Castellanos, J. Z. y Acosta G., J. A. 1992. Aspectos de calidad en genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de la región semiárida de México. *Agrociencia, Serie Fitociencia* 3:55-64.
- Castellanos R., J. Z.; Guzmán M., S. H.; González de M., E.; Acosta G., J. A.; Ochoa, R.; Mejía A., C.; Pajarito, A.; Núñez, S.; Fernández, P. y Grajeda, O. 1994. Efecto de la localidad de siembra sobre el contenido de proteína y otras características de calidad del frijol común, *Phaseolus vulgaris* L. *Agric. Téc. Méx.* 20(1):73-83.
- Castellanos, J. Z.; Guzmán M., H.; Jiménez, A.; Mejía, C.; Muñoz, R. J. J.; Acosta G., J. A.; Hoyos, G.; López S., E.; González, E. D.; Salinas, P. R.; González, A. J.; Muñoz, V. J. A.; Fernández, H. P. y Cáceres, B. 1997. Hábitos preferenciales de los consumidores de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 47(2):163-167.
- Dorsey R., C.; Hurburg, C. R.; Johnson, L. A. and Fox, S. R. 1991. Relationship among maize quality factors. *Cereal Chem.* 68(2):602-605.
- Elías, L. G.; García S., A. y Bressani, R. 1986. Métodos para establecer la calidad tecnológica y nutricional del frijol *Phaseolus vulgaris*. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. 42 p.
- Guzmán M., H.; Jacinto H., C. y Castellanos, J. Z. 1995. Manual de métodos para determinar características de calidad en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Celaya, Gto., México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Campo Experimental Bajío. 77 p. (Tema Didáctico Núm. 2).
- Jacinto H., C.; Acosta G., J. A. y Ortega A., J. 1993. Caracterización del grano de variedades mejoradas de frijol en México. *Agric. Téc. Méx.* 19(2):167-179.
- Kelly, J. D. and Bliss, F. A. 1975. Heredability estimates percentage seed protein and available methionine and correlations with yield in dry beans. *Crop. Sci.* 15(6):753-757.



- Larry, L.W. and Charles, W. G. 1974. Total protein nitrogen measure automated technicon BD/AAII. Method presented at the 88th Annual Meeting of the AOAC. 50 p.
- Magalhaes, A. A.; Miller, A. A. y Choudhry, E. N. 1979. Efeito do déficit fenológico de agua a produção de feijão. *Turrialba* 29:269-273.
- Mojarro D., F. 1977. Efecto de la sequía en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Aspectos fenológicos. Tesis de maestría. Chapingo, Edo. de Méx., México, Colegio de Postgraduados. 141 p.
- Nabhan, G. P.; Weber, C. W. and Berry, J. W. 1985. Variation in composition of Hopi Indian beans. *Ecology of Food and Nutrition* 16:135-152.
- Ortega, D.M.L. 1979. Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Cap. Bioquímica. Chapingo, Edo. de Méx., México, Colegio de Postgraduados. p. 101-112.
- Ramírez V., P. y Acosta G., J. A. 1994. Factores abióticos que alteran la productividad del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) con énfasis en la sequía. *In: Pérez M., J.; Ferrera C., R. y García E., R. (eds.). Diversidad genética y patología del frijol. Montecillos, Texcoco, Edo. de Méx., México, Colegio de Postgraduados. p. 52-68.*
- Salter, P. J. and Goode, J. E. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. England, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farham Royal. Back. 256 p.
- Singh, S. P.; Gepts, P. and Debouck, D. G. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris* Fabaceae). *Econ. Bot.* 45:379-396.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece la revisión técnica de la Dra. Griselda Vázquez Carrillo y Evangelina Sevilla Paniagua, así como el apoyo financiero del BEAN/COWPEA Collaborative Research Support PAOGRAR, USAID, TITLEXII, GRANT No. DAN GSS-86-00008-00 y por el Proyecto CONACYT No. 3384 P-B.