

# PRODUCTIVIDAD Y ADAPTACIÓN DEL FRIJOL EJOTERO EN EL VALLE DE MÉXICO

G. Esquivel-Esquivel<sup>1\*</sup>; J. A. Acosta-Gallegos<sup>2</sup>;  
R. Rosales-Serna<sup>1</sup>; P. Pérez-Herrera<sup>1</sup>; J. M. Hernández-Casillas<sup>1</sup>;  
R. Navarrete-Maya<sup>3</sup>; J. S. Muruaga-Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Valle de México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.  
Km. 18.5 Carretera Los Reyes-Lechería. Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO.  
Tel. (595) 95 4 28 77 ext. 135. Correo-e: esgil568@hotmail.com (\*Autor responsable).

<sup>2</sup>Campo Experimental Bajío, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.  
Km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende. Celaya, Gto., MÉXICO.

<sup>3</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.  
Cuautitlán Izcalli, Estado de México. C.P. 54700. MÉXICO.

## RESUMEN

Los ejotes son hortalizas de alta calidad nutritiva y en México existe tendencia a incrementar el consumo de esta leguminosa, por lo cual, el objetivo de este trabajo fue identificar variedades de frijol ejotero de diferente hábito de crecimiento, adaptadas al Valle de México con base en la productividad y calidad del ejote en dos fechas de siembra. Se estableció un experimento con 36 variedades de frijol (31 fueron de hábito de crecimiento determinado y 5 de hábito indeterminado), el 21 de mayo y 15 de junio de 2001, en Texcoco, Estado de México. Se registraron los días a floración, días a inicio de corte, días a madurez fisiológica, peso fresco, producción total y longitud de los ejotes, así como el rendimiento de semilla. En la primera fecha de siembra (PFS) se evaluó el contenido de proteína y de fibra cruda en los ejotes. Se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables cuantificadas. El descenso de la temperatura, el fotoperiodo y la disponibilidad hídrica redujo el número de cortes de ejote, de ocho en la PFS a cinco en la segunda. Las variedades de hábito indeterminado registraron, en promedio, mayor rendimiento total de ejotes y semilla. Ejotero 50, OR 900 y US No. 3 mostraron el mayor rendimiento de ejotes en la PFS y pueden usarse en siembras tempranas. US No. 3, E10-1, F2 y E10-2 sobresalieron en la segunda fecha y pueden utilizarse en siembras tardías. En las dos fechas de siembra, Bayo Alteño mostró resistencia a enfermedades y rendimiento de ejotes y de semilla alto, por lo que puede sembrarse para doble propósito (ejote y grano) y como progenitor en el mejoramiento genético del frijol ejotero. El rendimiento y calidad obtenidos mostraron que es factible producir ejotes en el Valle de México.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** *Phaseolus vulgaris*, fecha de siembra, calidad de ejote, rendimiento, fenología.

## PRODUCTIVITY AND ADAPTATION OF STRING BEANS IN THE VALLEY OF MEXICO

### SUMMARY

String beans a vegetable of high nutritional quality and there is a tendency in Mexico to increase its consumption. It was therefore the objective of this research to identify varieties of string beans adapted to the Valley of Mexico with different growth habits based on their productivity and quality on two planting dates. An experiment with 36 varieties of beans (31 had a determined growth habit while 5 had an undetermined) was established on May 21 and June 15, 2001 in Texcoco, in the state of Mexico. The flowering dates, date of cutting, physiological maturity, total production, and length of the string beans was noted, as well as the seed yield. The protein and crude fiber content of the string beans were evaluated on the first date of planting (PFS). Significant differences ( $P \leq 0.01$ ), were found in all the quantified variables. The drop in temperature, the photoperiod and the hydro availability reduced the number of string bean cuts of eight of the PFS and of five of the second. The varieties with undetermined habits had a higher total yield of string beans and seeds. Ejotero 50, OR 900 and US No. 3 varieties had an average higher total yield of string beans in the PFS and may be used in early plantings. US No. 3, E10-1, F2 and E10-2 varieties were outstanding on the second date and may be used in late plantings. During the last two planting dates, Bayo Alteño showed a resistance to diseases and a high string bean and seed yield so it can therefore be planted for a double purpose (string beans and grain) and as a progenitor in genetic improvement of string beans. The obtained yield and quality show that it is possible to produce string beans in the Valley of Mexico.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** *Phaseolus vulgaris*, planting date, string bean quality, yield, phenology.

## INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es cultivado principalmente para consumirse como grano seco y en menor cantidad es utilizado para alimentación como semillas frescas y vainas tiernas (Silbernagel *et al.*, 1991), estas últimas conocidas en México como ejotes. En otros países existen variedades de frijol seleccionadas por calidad culinaria y comercial de los ejotes, ya sea para su consumo en fresco o para la industria (Singh, 2001). El frijol ejotero tiene vainas con mesocarpo grueso y succulento, y una reducida o nula cantidad de fibras en las paredes y suturas (Myers y Baggett, 1999; Myers, 2000). Además de tener poca fibra, las variedades ejoteras deben tener otras características morfológicas y culinarias que las distingan dentro de la especie. Actualmente se importa de EUA la semilla de frijol ejotero, con la consecuente fuga de divisas y la dependencia de variedades, que por ser desarrolladas en otros ambientes, tienen el riesgo de no adaptarse a las condiciones de cultivo nacionales.

En México, la superficie promedio sembrada con frijol ejotero entre 1993 y el 2002 fue de 8,993 ha, con una variación desde 6,368 ha en 1993 hasta más de 11,000 el 2002 (Anónimo, 2004)<sup>4</sup>; el rendimiento promedio obtenido con frijol ejotero durante el mismo periodo fue de 7.8 t·ha<sup>-1</sup> de vainas tiernas. Si se considera la producción obtenida en el 2000 y una población de 100 millones de personas, puede decirse que en México el consumo anual por persona es de 1.1 kg de ejotes, lo que es similar al promedio observado en otros países de América Latina (Silbernagel *et al.*, 1991).

Actualmente, existe la tendencia a incrementar el consumo de verduras en la dieta, por lo que se prevé un aumento de la demanda de ejotes a nivel nacional y mundial. En los EUA el consumo de ejote en 1995 fue de 3.5 kg por persona, entre enlatado, congelado y fresco, y se estima que el consumo en fresco se está incrementando (Myers, 2000). México puede exportar ejotes hacia los EUA, por lo cual se deben desarrollar las variedades con la producción y calidad demandadas, y que además cuenten con las características de la vaina que faciliten la cosecha mecánica (Lien y Baggett, 1998).

En México la superficie sembrada en riego con frijol ejotero es mayor a la establecida en seco, debido a que en esta última condición, la calidad y productividad son bajas. Por lo anterior, es necesario conocer la adaptación y calidad del frijol ejotero bajo condiciones de seco en el Valle de México, donde existen mejores condiciones climáticas, así como una gran demanda de ejotes debido a la cercanía de los centros de consumo nacionales. El

objetivo del presente trabajo fue identificar variedades de frijol ejotero, de diferente hábito de crecimiento, adaptadas en el Valle de México, con base en la productividad y calidad del ejote en dos fechas de siembra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un experimento de campo con 33 variedades de frijol ejotero (29 de hábito de crecimiento determinado y cuatro de hábito indeterminado) y tres utilizadas para la producción de grano como testigos con diferentes hábitos de crecimiento (Cuadro 1). Se sembró en dos fechas, 21 de mayo y 15 de junio de 2001, en el Campo Experimental Valle de México del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El sitio está ubicado cerca de Texcoco, Estado de México (19° 31' latitud N, 98° 53' longitud O y 2,240 msnm), tiene una temperatura media anual de 16 °C y el clima de la región es del tipo templado sub-húmedo (García, 1988). El germoplasma utilizado incluyó accesiones de la Unidad de Recursos Genéticos del INIFAP y otras introducidas de EUA y de algunos países europeos (Cuadro 1). En ambas fechas de siembra se aplicó un riego de presiembra y sólo en la primera se dio un riego de auxilio 20 días después de la siembra (DDS), para favorecer el crecimiento y desarrollo del cultivo. Se utilizó un diseño en Látese Triple 6 x 6 y la parcela experimental consistió de cuatro surcos de 6 m, con 0.65 m de separación entre ellos, y se sembró depositando manualmente una semilla cada 10 cm en el fondo del surco. Se fertilizó al momento de la siembra con la dosis 50-50-00 de N-P-K, el mantenimiento del cultivo se hizo de acuerdo al manejo recomendado por el INIFAP (Campos *et al.*, 2001) y no se aplicaron agroquímicos para controlar plagas, enfermedades y maleza.

Para evaluar la adaptación se registraron las variables fenológicas: número de días a la floración, al primer corte de ejotes y a la madurez fisiológica, y se hicieron evaluaciones de la incidencia de enfermedades durante el crecimiento del cultivo. Para evaluar la productividad se registró el peso fresco de los ejotes cortados periódicamente en 4 m de los dos surcos centrales de cada parcela. Se determinó el peso de ejotes en ocho cortes en la primera fecha y cinco en la segunda, realizados cada tres días a partir del primero. Debido a su mayor potencial de uso, en la primera fecha también se determinó la longitud promedio de la vaina, así como el contenido de proteína (Wall-Gehrke, 1975) y de fibra cruda (Jacinto, 1992) en una muestra de 10 vainas tomadas al azar en cada parcela y repetición. Se registraron las temperaturas máximas y mínimas y la precipitación ocurrida durante el ciclo del cultivo (Figura 1). A la madurez fisiológica se utilizaron los dos surcos en los que no se realizaron cortes de ejotes para determinar el rendimiento de grano.

<sup>4</sup>ANÓNIMO (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2004. [http://www.siap.sagarpa.gob.mx:8080/siiap\\_apb/](http://www.siap.sagarpa.gob.mx:8080/siiap_apb/)

**CUADRO 1. Origen y características agronómicas del germoplasma de frijol cultivado en dos fechas de siembra en Texcoco, Estado México. 2001.**

Cultivar	Utilización <sup>2</sup>	Origen <sup>3</sup>	Hábito de Crecimiento <sup>4</sup>	Color de grano
Accesión E7	Ejote	URGI	I	Blanco
Accesión E9	Ejote	URGI	I	Blanco
Accesión E27	Ejote	URGI	I	Blanco
Accesión E36	Ejote	URGI	I	Blanco
Accesión E57	Ejote	URGI	I	Crema
Accesión F2	Ejote	URGI	I	Negro Brillante
Accesión F3	Ejote	URGI	I	Negro Brillante
Accesión F4	Ejote	URGI	I	Pinto Café
Accesión F4-A	Ejote	URGI	I	Pinto Negro
Accesión F7	Ejote	URGI	I	Crema
Accesión F9	Ejote-grano	URGI	I	Manchado de Café
Accesión F11	Ejote-grano	URGI	I	Amarillo
Accesión F13	Ejote-grano	URGI	I	Púrpura Grande
Accesión F16	Ejote	URGI	I	Amarillo
Accesión F20	Ejote-grano	URGI	I	Pinto
Black Valentine	Ejote-grano	EUA	I	Negro Brillante
OR 900	Ejote	EUA	I	Blanco
Bayo Alteño	Grano	INIFAP	III	Crema
Canario 107	Grano	INIFAP	I	Bayo
Peruano P80	Grano	INIFAP	I	Azufrado
Widusa	Ejote	EUA	I	Blanco
Top Crop	Ejote	EUA	I	Pinto Café
Amanda	Ejote	Holanda	I	Blanco
Early Gallatin	Ejote	EUA	I	Blanco
Red Lands Pioneer	Ejote-grano	EUA	I	Café
AFN	Ejote	FRANCIA	I	A.C. Gris
Silvester	Ejote	FRANCIA	I	Blanco
La Victoria	Ejote	FRANCIA	I	Negro
Accesión E10-1	Ejote-grano	URGI	I	Amarillo
Accesión E10-2	Ejote	URGI	I	Canario
Ejotero Güero	Ejote	URGI	I	Blanco Moteado
Accesión E50	Ejote-grano	URGI	I	Canario
US No. 3	Ejote	EUA	IV	Blanco
Kentuky Wonder 765	Ejote	EUA	IV	Café Brillante
Kentuky Wonder 814	Ejote	EUA	IV	Gris
Golden Gate Wax	Ejote	EUA	IV	Gris

<sup>2</sup>Clasificación determinada con base en el tamaño y características del grano y calidad del ejote.

<sup>3</sup>La mayoría de los materiales de la URGI (Unidad de Recursos Genéticos del INIFAP) son cultivares obsoletos provenientes de Europa.

<sup>4</sup>I: determinado arbustivo; III: indeterminado postrado y IV: indeterminado con guías capaces de preparar (CIAT, 1984); INIFAP: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Factores climáticos

En las dos fechas de siembra, el promedio de la temperatura máxima y mínima fue de 25 y 10 °C, respectivamente; éstas disminuyeron conforme avanzó el ciclo del cultivo (Figura 1). En la segunda fecha de siembra las fluctuaciones y la disminución paulatina de la temperatura promedio (24 a 20°C) y de la longitud del día (13.3 a 12 h), aceleraron la maduración y redujeron el

periodo de producción de ejotes. Los resultados muestran relación inversa entre el rendimiento de ejotes, la temperatura y el fotoperiodo, los cuales están relacionados con la fecha de siembra. Por lo anterior, se recomiendan las siembras tempranas para obtener mayores rendimientos y, además, incrementar las posibilidades de alcanzar mejores precios de venta del ejote. Debe determinarse, en las variedades más productivas, el número de cortes apropiados para evitar la disminución del tamaño de los ejotes y del periodo de corte, ocasionados por la aceleración de la madurez.

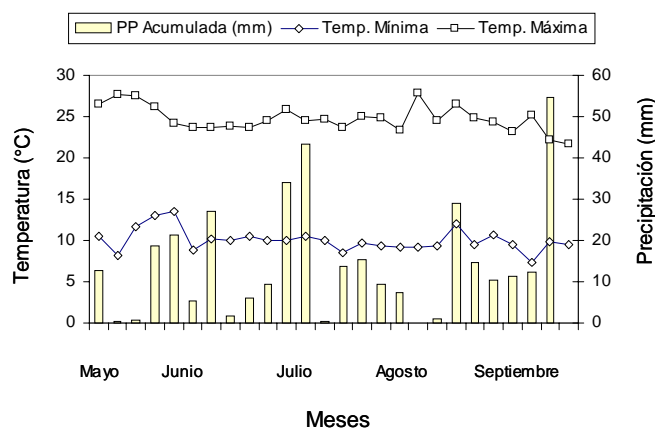


FIGURA 1. Promedio de temperatura máxima y mínima y precipitación acumulada cada cinco días durante el ciclo de cultivo del frijol ejotero en dos fechas de siembra. Texcoco, Estado de México. 2001.

### Características fenológicas

Se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre fechas de siembra y variedades para el número de días a floración, a inicio del corte y a madurez fisiológica. Las 31 variedades de hábito determinado evaluadas en el estudio fueron precoces a floración con un promedio de 45 días en la primera fecha de siembra y 42 en la segunda, en comparación con 53 y 51 días requeridos por las de hábito indeterminado (Cuadro 2). Una práctica común en la producción de ejotes en países desarrollados, en donde se cosecha una sola vez y con maquinaria, es la utilización de variedades de hábito determinado con valores máximos de producción en una fecha determinada, como el caso de la respuesta observada en Peruano P80 que es una variedad para producción de grano (Figura 2b). Esto reduce costos y favorece el uso intensivo del terreno en rotaciones agronómicas ventajosas.

El número de días a floración correlacionó positivamente con aquellos requeridos para el inicio del corte de ejotes, especialmente en las variedades de hábito determinado ( $r = 0.67^*$ ). En la segunda fecha de siembra sólo se observó correlación entre estas características en el germoplasma de hábito determinado ( $r = 0.81^{**}$ ). En ambas fechas de siembra las variedades de crecimiento determinado mostraron una transición rápida a la etapa reproductiva, por lo que iniciaron la floración y formación de ejotes antes que las de hábito indeterminado. En estas últimas la formación de ejotes fue más lenta debido a que después de la floración tuvieron crecimiento de estructuras vegetativas, las cuales compitieron por fotoasimilados con las flores y vainas (Acosta y Kohashi, 1989). Por lo anterior, se observó que el retraso de la floración se asoció a la disminución en el rendimiento total de ejotes en la primera ( $r = -0.88^{**}$ ) y la segunda fecha de siembra ( $r = -0.68^*$ ), similar a lo informado previamente para rendimiento (Rosales *et al.*, 2001). Esa disminución del rendimiento en las variedades tardías estuvo, en parte, relacionada con

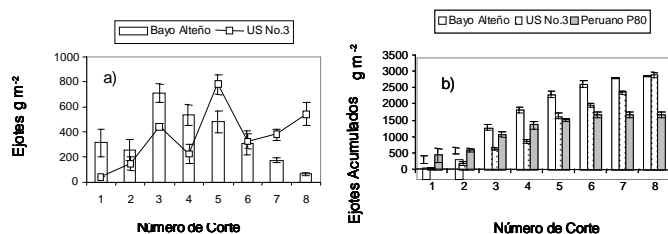


FIGURA 2. Producción de ejotes por corte (a) y total acumulado (b) a través de cortes en la evaluación de variedades de frijol ejotero en dos fechas de siembra. Texcoco, Estado de México. 2001.

un mayor daño por enfermedades y con la aceleración de la maduración ocasionada por la reducción de la temperatura, fotoperiodo y disponibilidad hídrica, observada al final del ciclo biológico.

En las variedades de hábito indeterminado se observó correlación negativa entre los días a floración y el rendimiento de grano en la segunda fecha de siembra ( $r = -0.91^{**}$ ), lo que demuestra que en el Valle de México para las siembras tardías deben utilizarse variedades de ciclo corto. Lo anterior, con el fin de reducir los riesgos de producción acentuados por las temperaturas bajas y la reducción de la humedad disponible en el suelo observada al final del ciclo biológico y de la estación de lluvias. Esta respuesta también se relacionó con la reducción del periodo de producción de ejotes, por lo que en la segunda fecha sólo pudieron realizarse cinco cortes en comparación con los ocho realizados en la primera.

En las variedades de hábito determinado la madurez fisiológica varió de 97 a 88 DDS en la primera y segunda fecha de siembra, respectivamente. Las variedades de hábito indeterminado maduraron 10 días después en comparación con las de crecimiento determinado, con valores promedio de 107 días en la primera fecha de siembra y 98 en la segunda (Cuadro 2). La reducción del

CUADRO 2. Promedio entre hábitos de crecimiento para características fenológicas registradas en la evaluación de variedades de frijol ejotero en dos fechas de siembra. Texcoco, Estado México. 2001.

Hábito <sup>y</sup>	Valor	Fecha de siembra					
		21 de mayo 01			15 de junio 01		
		DF <sup>z</sup>	DIC	DMF	DF	DIC	DMF
Tipo I (n= 31)	Medio	45	63	97	42	61	88
	Mínimo	41	61	90	39	60	82
	Máximo	53	71	101	52	66	94
Tipos III y IV (n= 5)	Medio	53	69	107	51	66	98
	Mínimo	52	64	102	49	63	93
	Máximo	54	71	110	52	67	106

<sup>y</sup>Hábito de crecimiento, Tipo I: determinado, Tipo III y IV: indeterminado postrado y trepador respectivamente.

<sup>z</sup>DF: días a inicio de floración; DIC: días a inicio de corte de ejotes y DMF: días a madurez fisiológica.

periodo reproductivo entre fechas de siembra pudo deberse a las temperaturas subóptimas y a la disminución del fotoperiodo y de la humedad disponible durante el periodo reproductivo.

Las variedades tardías para florecer también lo fueron para madurar, por lo que se observó una correlación positiva entre los días a floración y a madurez en la primera ( $r = 0.42^*$ ) y segunda ( $r = 0.51^*$ ) fecha de siembra. Con base en la duración de las etapas fenológicas, las variedades se clasificaron como intermedias y tardías. Esta clasificación fue consistente para el inicio de la floración, el inicio de cortes y la madurez fisiológica (Cuadro 3). Se observó fluctuación entre variedades para el número de días promedio al inicio del corte de ejotes y en las variedades de hábito determinado la primera cosecha ocurrió a los 63 DDS; mientras que en las de hábito de crecimiento indeterminado se inició a los 69 DDS. El tipo de crecimiento se relacionó con una mayor duración de las etapas fenológicas y todas las variedades tardías presentaron hábito de crecimiento indeterminado; la excepción fue Peruano P80 que a pesar de ser de hábito determinado resultó tardío. Es probable que la respuesta observada en Peruano P80 se deba a su pobre adaptación en la localidad de prueba, determinada por la incidencia de

las enfermedades durante el ciclo de desarrollo.

La duración del ciclo biológico del frijol ejotero muestra fluctuaciones a través de ambientes y depende de la variedad, del hábito de crecimiento, fecha de siembra y de las condiciones ambientales presentes durante el desarrollo del cultivo. Se observó modificación significativa de la fenología entre fechas de siembra, lo que se reflejó en una interacción significativa variedad x fecha de siembra para los días a floración, a inicio de cortes y a madurez fisiológica.

### Incidencia de enfermedades

Las enfermedades que mostraron mayor incidencia en la primera fecha de siembra fueron el tizón de halo (*Pseudomonas syringae* pv. phaseolicola), la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) y las pudriciones de raíz causadas por el complejo fungoso: *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp., *Sclerotium rolfsii* y *Phyitium* spp. El tizón de halo y la antracnosis se observaron en la parte aérea y afectaron la calidad de los ejotes en las variedades que resultaron susceptibles. Existen informes que demuestran que el tizón de halo afecta severamente al germoplasma de frijol ejotero (Hall, 1988); así, Peruano P80 y otras variedades mostraron susceptibilidad a esta enfermedad, lo que redujo considerablemente la producción y la calidad comercial de los ejotes, siendo éste un indicador de su falta de adaptación.

En la segunda fecha, además de las enfermedades anteriores, se registró incidencia de roya (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus*) y tizón común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*), las cuales mostraron fuerte incidencia y severidad, afectando la productividad y la calidad del ejote en las variedades susceptibles. Debido a que en el sitio de estudio la humedad relativa es alta y la mayoría de las variedades evaluadas son introducidas, éstas mostraron susceptibilidad a las enfermedades de mayor incidencia en el Centro de México, lo que sugiere la necesidad de seleccionar germoplasma de frijol ejotero con base en la resistencia a este factor, con lo cual se puede incrementar la adaptación de esta leguminosa. Además, se notó que debido a que los cortes de ejote se realizaron en la mañana, cuando la humedad relativa y el rocío en la planta era mayor, se favoreció la dispersión de los patógenos y con ello se redujo considerablemente la producción de vainas tiernas en las variedades susceptibles.

### Productividad y características de los ejotes

Se observaron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre fechas de siembra y variedades para el rendimiento total de ejotes y longitud promedio de los mismos (Cuadro 4). También se observaron diferencias significativas entre variedades para el porcentaje de fibra y contenido de proteína en la primera fecha de siembra. La producción total

**CUADRO 3. Datos fenológicos de variedades intermedias y tardías evaluadas en dos fechas de siembra en Texcoco, Estado México. 2001.**

Variedad	21 de mayo 01			15 de junio 01		
	DF <sup>2</sup>	DIC	DMF	DF	DIC	DMF
<b>Intermedias</b>						
Accesión E36	41	61	90	39	60	85
Accesión F2	43	61	95	39	60	88
Accesión E7	43	61	95	40	60	85
Accesión E50	44	61	96	39	60	89
Accesión E10-2	43	61	95	40	60	87
Accesión F7	43	61	91	40	61	86
Promedio	43	62	95	40	60	88
<b>Tardías</b>						
Bayo Altoño	54	71	102	49	67	96
Golden Gate Wax	52	67	107	52	67	99
Peruano P80	53	71	100	52	66	94
Kentuky Wonder 765	53	71	107	52	67	93
Kentuky Wonder 814	54	71	110	52	67	106
Promedio	50	65	100	45	63	91
Media General	49	64	98	43	62	90
DMS <sub>0.05</sub> <sup>y</sup>	2.6	1.3	3.4			
DMS <sub>0.05</sub> <sup>x</sup>	11.6	3.8	11.4			
CV <sup>w</sup> (%)	3.6	1.3	2.3			

<sup>2</sup>DF: días a inicio de floración; DIC: días a inicio de corte de ejotes; DMF: días a madurez fisiológica;

<sup>3</sup>DMS<sub>0.05</sub>: diferencia mínima significativa entre variedades;

<sup>4</sup>DMS<sub>0.05</sub>: diferencia mínima significativa entre fechas de siembra

<sup>w</sup>CV: coeficiente de variación.

de ejotes, la longitud promedio de éstos y el rendimiento de semilla fueron significativamente mayores en la primera fecha de siembra. Las variedades de hábito indeterminado registraron el mayor promedio para el rendimiento total de ejotes, en ambas fechas de siembra, con valores de 25.6 t·ha<sup>-1</sup> en la primera y 11.5 t·ha<sup>-1</sup> en la segunda.

En variedades de hábito de crecimiento indeterminado se favorece la producción de ejotes debido a una mayor cantidad de nudos y estructuras vegetativas que pueden sustentar un mayor número de vainas. Por el contrario, en las variedades de hábito determinado el potencial de rendimiento es limitado debido al menor número de nudos que pueden dar origen a flores y vainas (Kelly, 2001). En variedades de hábito determinado, el rendimiento se puede incrementar aumentando también la densidad de población, así como con la disponibilidad de nutrientes (Kelly, 2001). A pesar de la tendencia general, en la primera fecha de siembra se observaron variedades, tanto de hábito determinado como indeterminado, de alta producción total, como fueron Ejotero 50 y OR 900 con rendimientos de ejote de 34 y 29 t·ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Entre las variedades de hábito indeterminado las de mayor rendimiento total de ejotes fueron Bayo Alteño y US No. 3 con valores superiores a 29 t·ha<sup>-1</sup>.

En la segunda fecha de siembra sobresalieron, entre las variedades de hábito determinado, las accesiones E10-1 con 13.1 t·ha<sup>-1</sup>, F2 y E10-2 con 12.8 t·ha<sup>-1</sup>. Entre las variedades indeterminadas sobresalieron US No. 3 y Bayo Alteño, con rendimientos de 16.1 y 13.9 t·ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

La variedad Bayo Alteño de hábito indeterminado postrado mostró rendimiento alto de ejotes en ambas fechas de siembra, eso debido a su adaptación y resistencia a las enfermedades y aunque fue desarrollada para producción de grano, muestra características morfológicas de vaina y planta similares a las de las variedades clasificadas como ejoterías, por lo que pudiera ser de utilidad en áreas de producción para autoconsumo. Otra opción es su uso como progenitor en programas de mejoramiento genético, lo que

podría ayudar a incrementar la adaptación y resistencia a las enfermedades del frijol ejotero en el Valle de México.

## Rendimiento de grano

Existen diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre variedades y fechas de siembra para el rendimiento de grano (Cuadro 4). El promedio de rendimiento de semilla fue mayor en las variedades de hábito indeterminado en las dos fechas de siembra en comparación con las de crecimiento determinado. La interacción variedad x fecha de siembra resultó estadísticamente significativa para el rendimiento de grano, lo que indica que algunas variedades mostraron variación en su respuesta entre fechas, debido a las variaciones climáticas y a la influencia de las enfermedades. A pesar de lo anterior, algunas variedades mostraron alto rendimiento de semilla en ambas fechas de siembra. Tal fue el caso de la accesión Ejotero 50, de hábito determinado, con un rendimiento de 3.9 y 2.0 t·ha<sup>-1</sup>, para la primera y segunda fecha de siembra, respectivamente. Entre las variedades de hábito indeterminado, Bayo Alteño mostró rendimiento alto en ambas fechas de siembra, con valores de 3.2 t·ha<sup>-1</sup> en la primera y 2.6 t·ha<sup>-1</sup> en la segunda. Ambas variedades (Ejotero 50 y Bayo Alteño), pueden ser utilizadas para doble propósito, producción de ejotes y de semilla. A pesar de lo anterior, se considera necesario el desarrollo de variedades mejoradas específicamente para la producción de ejote, pero también es indispensable que produzcan suficiente semilla para su comercialización.

## Calidad de ejotes

La longitud promedio de los ejotes se redujo 8 % en la segunda fecha de siembra, en las variedades de hábito determinado, y 15 % en las de hábito de crecimiento indeterminado (Cuadro 4). Se observó variación para esta característica entre variedades y fechas de siembra, lo cual hace posible seleccionar variedades que se ajusten a los requerimientos del mercado mexicano y de ser necesario al extranjero. La longitud de las vainas es un carácter importante en la aceptación comercial de las variedades ejoterías y se considera que los valores deben ser superiores

**CUADRO 4. Valores promedio para algunas variables determinadas en la evaluación de variedades de frijol ejotero en dos fechas de siembra. 2001.**

Variedad		21 de mayo 01					15 de junio 01		
		RTE <sup>2</sup>	RS	FC	CP	LV	RTE	RS	LV
Hábito I <sup>3</sup>	Media	22.2	2,523	16.7	27.9	12	9.8	1,151	11
	Mínimo	15.0	800	15.0	25.0	8	6.2	231	7
	Máximo	33.9	3,846	19.7	32.3	16	13.1	2,385	13
Hábito III y IV	Media	25.6	3,092	16.2	30.0	13	11.5	1,277	11
	Mínimo	21.6	2,738	13.7	26.7	12	8.3	423	10
	Máximo	28.8	3,364	18.3	32.0	14	16.1	2,564	12

<sup>2</sup>RTE: rendimiento total de ejotes (t·ha<sup>-1</sup>); RS: rendimiento de semilla (kg·ha<sup>-1</sup>); FC: contenido de fibra cruda (%); CP: contenido de proteína (%); LV: longitud de la vaina; <sup>3</sup>Hábito de crecimiento I: determinado arbustivo, III: indeterminado postrado y IV: indeterminado con guías capaces de trepar.

a 12 cm (Myers, 2000), por lo que, con base en los resultados obtenidos, es posible seleccionar las variedades que cuenten con este atributo y que reduzcan en menor magnitud el tamaño de los ejotes entre fechas de siembra, como el caso del Ejotero 50 y US No. 3 que mostraron longitud de la vaina superior a los 12 cm, en ambas fechas de siembra.

El contenido de fibra cruda mostró diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre variedades. Los valores de las variedades de hábito determinado fluctuaron entre 15.0 y 19.7 %, mientras que en las de crecimiento indeterminado variaron entre 13.7 y 18.3 %. En las variedades de crecimiento indeterminado se observó una correlación negativa entre la longitud de las vainas y el contenido de fibra ( $r = -0.46^*$ ), lo que indica que en este tipo de variedades a medida que se redujo el tamaño de las vainas el contenido de fibra fue superior. En la actualidad existe la tendencia a incrementar el consumo de fibra en la dieta (Guzmán *et al.*, 2002); sin embargo, es necesario establecer el contenido de fibra de las variedades ejoteras, las bondades de la fibra en el consumo humano y la interacción genético-ambiental de esta característica.

El contenido de proteína mostró diferencias entre variedades, con valores promedio de 30.0 y 27.9 % para las variedades de hábito indeterminado y determinado, respectivamente. La variedad Amanda, que presentó las vainas de menor tamaño, registró el contenido de proteína más alto (32.3 %). Entre las variedades de hábito indeterminado, Bayo Alteño mostró el menor contenido de proteína (26.7 %), en contraste con Golden Gate Wax y Kentucky Wonder 765 (32.0 %). Las variedades con ejotes más largos mostraron menor contenido de proteína en los mismos, por lo que se observó una correlación negativa entre estas variables, principalmente en el germoplasma de hábito determinado ( $r = -0.40^*$ ). A pesar de lo anterior, el contenido de proteína en los ejotes obtenido en este estudio fue considerablemente superior al informado para grano de frijol (Shellie-Dessert y Bliss, 1991). Esto hace que los ejotes sean parte importante de la alimentación humana y una potencial fuente de ingresos para productores del Valle de México.

El patrón de producción de ejotes es muy importante, ya que de ello depende la utilidad de las variedades en los diferentes sistemas productivos y de comercialización. Las variedades que muestran la máxima producción en un tiempo corto, como Peruano P80 (Figura 2b), pueden ser utilizadas para la cosecha mecanizada, que se realiza en una sola ocasión y que actualmente se está iniciando su uso en México, en áreas cuya producción es destinada a la industria. Las variedades con producción sostenida por periodos prolongados, como US No. 3 y Bayo Alteño (Figura 2a y 2b), pueden usarse para el corte manual, que es el más común en el Centro de México. La producción de ejote

obtenida de esta manera es usada para la comercialización en fresco.

## CONCLUSIONES

Las variedades de mayor producción de ejotes fueron Ejotero 50 en la primera fecha de siembra ( $34 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) y US No. 3 en la segunda fecha ( $16.1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

La variedad Bayo Alteño mostró adaptación y productividad alta de ejotes y grano en ambas fechas de siembra, aunque debido a su menor calidad es posible usarlo como progenitor para el mejoramiento genético de la adaptación y resistencia a las enfermedades del frijol ejotero en el Valle de México.

La fecha de siembra influyó fuertemente sobre la producción de ejotes, por lo que se recomiendan siembras tempranas y variedades precoces e intermedias para la producción comercial de ejotes en el Valle de México.

El rendimiento de ejotes y grano se relacionó con la morfología y fenología de las variedades, por lo que las de hábito indeterminado mostraron un ciclo más largo y mayor potencial productivo.

## LITERATURA CITADA

- ACOSTA G., J. A.; KOHASHI S., J. 1989. Effect of water stress on growth and yield of indeterminate dry-bean (*Phaseolus vulgaris*). Field Crops Res. 20: 81-93.
- CAMPOS E., A.; ACOSTA G., J. A.; ROSALES S., R.; MURUAGA M., J. S.; JACINTO H., C.; PÉREZ H., P.; GARZA G., R. 2001. Tecnología de producción para frijol de temporal en los Valles Altos de la Mesa Central, pp. 16-24. *In*: Memoria del día de campo. Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX).
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1984. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). 2a ed. Cali, Colombia. 56 p. (Serie 04SB-09.01).
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. Offset Larios. D. F., México. 217 p.
- GUZMÁN M., S. H.; ACOSTA G., J. A.; ÁLVAREZ M., M. A.; GARCÍA D., S.; LOARCA P., G. 2002. Calidad alimentaria y potencial nutracéutico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Agric. Téc. Méx. 28: 159-173.
- HALL, R. 1991. Compendium of Bean Diseases. APS Press. St. Paul, MN. USA. 73 p.
- JACINTO H., C. 1992. Micrométodo para determinar fibra cruda en ejote y semilla de frijol. Revista Fitotecnia Mexicana 15: 188-192.
- KELLY, J. D. 2001. Remaking bean plant architecture for efficient production. Adv. Agron. 71: 109-143.
- LIEN, A.; BAGGETT, R. 1998. Pod detachment characteristics of easy picking and normal green beans. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 41: 223-224.
- MYERS, J. R.; BAGGETT, J. R. 1999. Improvement of snap beans, pp.

- 289-329. *In: Common Bean Improvement in the Twenty-First Century.* SINGH, S. P. (ed.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands.
- MYERS, J. R. 2000. Tomorrow's snap bean cultivars, pp. 39-51. *In: Bean Research, Production and Utilization.* SINGH, S. P. (ed.). Proceedings of the Idaho Bean Workshop 'Celebrating 75 years of Bean Research and Development' and 50 Years of the Cooperative Dry Bean Nursery. Ag. Communications, Univ. of Idaho.
- ROSALES S., R.; OCHOA M., R.; ACOSTA G., J. A. 2001. Fenología y rendimiento del frijol en el Altiplano de México y su respuesta al fotoperiodo. *Agrociencia* 35: 513-523.
- SHELLIE-DESSERT, K. C.; BLISS, F. A. 1991. Genetic improvement of food quality factors, pp. 649-677. *In: Common Beans: Research for Crop Improvement.* VAN SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. (eds.). C.A.B. International. Wallingford, U.K. and CIAT, Cali, Colombia.
- SILBERNAGEL, M. J.; JANSSEN, W.; DAVIS, J. H. C.; MONTES de OCA, G. 1991. Snap bean production in the tropics: implications for genetic improvement, pp. 835-862. *In: Common Beans: Research for Crop Improvement.* VAN SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. (eds.). C.A.B. International. Wallingford, U.K. and CIAT, Cali, Colombia.
- SINGH, S. P. 2001. Broadening the genetic base of common bean cultivars. *Crop Sci.* 41: 1659-1675.
- WALL, L. L.; GEHRKE, C. W. 1975. An automated total protein nitrogen method. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 58: 1221-1226.