

## COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL GRANO DE FRIJOL EN AGUASCALIENTES, MÉXICO

### AGRONOMIC BEHAVIOR AND GRAIN PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF BEANS AT AGUASCALIENTES, MÉXICO

Gonzalo Allende-Arrarás<sup>1</sup>, Ma. Guadalupe Acero-Godínez<sup>2</sup>, José Saúl Padilla-Ramírez<sup>3</sup>  
y Netzahualcoyotl Mayek-Pérez<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Fisiología y Farmacología, Centro de Ciencias Básicas y <sup>2</sup>Departamento de Disciplinas Pecuarias, Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Universidad 940, C.P. 20100, Aguascalientes, México. <sup>3</sup>Campo Experimental Pabellón Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Carr. Aguascalientes-Zacatecas Km 32.5, C.P. 20060, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. <sup>4</sup>Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional. Blvd. del Maestro esq. Elías Piña s/n, Col. Narciso Mendoza. C.P. 88710, Reynosa, México. Fax: 01 (899) 924-3627. Correo electrónico: nmayek@ipn.mx

\* Autor para correspondencia

#### RESUMEN

Se determinaron 14 características físicas y químicas en semillas de seis variedades de frijol común cultivadas durante 2002 en Sandoval, Aguascalientes, México, para identificar aquellas asociadas con alto rendimiento de grano y tolerancia a enfermedades. Las características del grano estuvieron asociadas negativamente con la duración del ciclo biológico del frijol, mientras que el tamaño de la semilla y la capacidad de absorción de agua se asociaron positivamente con el rendimiento. Las variedades precoces ('Pinto Villa', 'Pinto Zapata' y 'Azufrado Tapatio') tuvieron mayor rendimiento de grano que las variedades tardías ('Bayo Criollo del Llano', 'Tlaxcala 62' y 'Flor de Mayo M38'), aunque fueron susceptibles a pudriciones de la raíz (*Fusarium* sp. y *Rhizoctonia solani*). Las variedades 'Pinto Villa' y 'Pinto Zapata' mostraron la mejor calidad de grano.

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris* L., calidad del grano, rendimiento, enfermedades.

#### SUMMARY

In grains of six common bean cultivars cultivated during 2002 at Sandoval, Aguascalientes, México, 14 physical and chemical characteristics were determined to identify grain characteristics associated to high grain yield and disease tolerance. Grain characteristics were negatively associated to the growing cycle, whereas seed size and water absorption ability were positively associated to grain yield. Early cultivars ('Pinto Villa', 'Pinto Zapata' and 'Azufrado Tapatio') showed higher grain yield than late cultivars ('Bayo Criollo del Llano', 'Tlaxcala 62' and 'Flor de Mayo M38') although they were susceptible to root rots (*Fusarium* sp. and *Rhizoctonia solani*). Varieties 'Pinto Villa' and 'Pinto Zapata' showed the best grain quality.

**Index words:** *Phaseolus vulgaris* L., grain quality, grain yield, diseases.

#### INTRODUCCIÓN

Junto con el maíz (*Zea mays* L.), el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los alimentos más importantes en México. El grano de ambas especies aporta casi la totalidad de las proteínas vegetales que consume la mayoría de la población del país, por lo cual ocupan un lugar de suma importancia en la dieta básica de los mexicanos (Pérez-Herrera *et al.*, 2002). La utilización de variedades tardías en el Altiplano de México incrementa el riesgo de pérdida de la producción por las bajas temperaturas y las heladas que inciden hacia el final del ciclo. En consecuencia, se recomienda la selección de variedades mejoradas en base a su precocidad a floración y a madurez fisiológica, así como con un alto potencial de rendimiento (Rosales-Serna *et al.*, 2001).

Los programas de mejoramiento genético del frijol en México se han enfocado en la obtención de variedades con altos rendimientos de grano resistencia a factores adversos bióticos (enfermedades, plagas y malezas) y abióticos (sequía, temperaturas extremas, salinidad y suelos pobres), ciclo biológico corto, arquitectura de planta y calidad del grano (Acosta-Gallegos *et al.*, 2000). Las características físico-químicas del grano, como tamaño, color y uniformidad, sabor, tiempo de cocción y contenido de proteína, se relacionan con mejor calidad culinaria y nutricional del frijol y son importantes para los consumidores de México (Castellanos *et al.*, 1997). Por ello, también se ha incorporado en años recientes dichas características como criterios de selección (Jacinto *et al.*, 1993).

En México las propiedades del grano son fundamentales para la aceptación comercial de una variedad de frijol, de modo que el conocimiento de sus propiedades físico-químicas y nutricionales es importante para ofrecer mejores variedades a los productores y consumidores de esta leguminosa. En este trabajo se determinaron las características físicas y químicas del grano de seis variedades de frijol común cultivadas en Aguascalientes, México, e identificaron aquellas asociadas con altos rendimientos de grano y tolerancia a enfermedades en condiciones de temporal o secano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las variedades de frijol Pinto Villa, Pinto Zapata, Azufrado Tapatío (precoces, madurez fisiológica < 85 d después de la siembra), Bayo Criollo del Llano, Tlaxcala 62 y Flor de Mayo M38 (tardías, madurez fisiológica > 90 d después de la siembra), se sembraron en Sandoval, Aguascalientes, México (22° 09' LN, 102°18' LO, 2000 msnm) el 8 de julio de 2002, en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de 6 m de largo y 0.76 m de ancho. El experimento se condujo de acuerdo con el paquete tecnológico recomendado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para la región de estudio.

Se registraron los días a floración y a madurez fisiológica por parcela, a los 28 y 56 d después de la siembra y la severidad de las pudriciones de raíz por unidad experimental, en cinco plantas tomadas al azar (Abawi y Pastor-Corrales, 1990). Los hongos asociados con las pudriciones de raíz se identificaron en laboratorio. A la cosecha se registró el rendimiento de grano, biomasa, índice de cosecha y tasa de llenado de grano por parcela. Después de la cosecha se tomaron 500 g de semilla de una mezcla compuesta de la semilla cosechada en las cuatro repeticiones de cada variedad, muestra en la que se determinó el peso de 100 semillas a 12 % de humedad, volumen de 100 semillas y capacidad de absorción de agua, de acuerdo con Pérez-Herrera *et al.* (2002).

Para la determinación de características químicas se molió la muestra en un molino (Willey 3383-L10) con malla de 0.3 mm. El contenido de glucosa soluble se cuantificó con el método de orto-toluidina (Fings *et al.*, 1970). Para la determinación del contenido de almidón soluble las muestras se incubaron con la enzima amilo-glucosidasa (Sigma Chemicals, Saint Louis, EE. UU.) durante 150 min a 37 °C, tras lo cual se empleó el método de orto-toluidina para medir el contenido de glucosa soluble total, en un espectrofotómetro Beckman DU 530 a una absorbancia de 630 nm; como referencia se usaron estándares de glucosa

a diferentes concentraciones (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2002).

Los contenidos de materia seca parcial se determinaron con base en el método de Tejada-Hernández (1992). Los valores de fibra cruda (método 962.09), grasa cruda (método 920.39), proteína cruda (método 988.05), cenizas (método 942.05), materia seca total (método 934.01) y humedad (método 950.04), se obtuvieron por análisis químico proximal (AOAC, 2002). La materia orgánica se calculó como la diferencia entre la materia seca total y las cenizas, mientras que el contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) resultó de la aplicación de la siguiente ecuación:

$$\text{CNE} = 100 - \text{Cenizas} - \text{Proteína cruda} - \text{Grasa cruda} - \text{Fibra cruda}$$

Los datos de campo se sometieron al análisis de varianza y cuando se detectó diferencias significativas entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para la comparación de medias. Los datos del análisis del grano se sometieron al análisis de componentes principales (ACP) (Hair *et al.*, 1992). Se calcularon los coeficientes de correlación simple entre las características físico-químicas del grano y las características agronómicas medidas en campo. El análisis estadístico se realizó con el programa Statistica 5.0 para Windows (StatSoft, 1997).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variedades precoces, en comparación con las tardías, presentaron mayor rendimiento de grano, índice de cosecha, tasa de llenado de grano y daños por pudriciones de la raíz, además de menor producción de biomasa. Las variedades Pinto Villa y Pinto Zapata tuvieron los rendimientos de grano, índice de cosecha, tasa de llenado de grano y daño por pudriciones de la raíz mayores (Cuadro 1). En 23 de las 24 muestras analizadas en laboratorio con síntomas de pudriciones de raíz se identificó a *Fusarium* sp. como agente causal, y en tres a *Rhizoctonia solani*. Esto confirma lo reportado por Esquivel-Villagrana *et al.* (2002) en Sandoval, Aguascalientes: hay mayores daños por pudriciones de la raíz causadas por *Fusarium* en germoplasma de frijol con semilla tipo "Pinto".

En este trabajo las enfermedades no afectaron significativamente el rendimiento de grano debido posiblemente a que se observó alta frecuencia (> 60 % de las plantas muestreadas de las seis variedades a los 56 d después de la siembra) de emisión de raíces adventicias después del daño por hongos en la mayoría de las plantas evaluadas en campo, mismas que mantuvieron el desarrollo de

Cuadro 1. Características agronómicas de seis variedades de frijol cultivadas en condiciones de temporal en Sandoval, Aguascalientes, México.

Variedad	Días a floración	Días a madurez fisiológica	Rendimiento (g m <sup>-2</sup> )		Índice de cosecha (%)	Tasa de llenado de grano (g m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	Severidad de pudriciones de raíz <sup>†</sup>	
			Grano	Biomasa			28 días	56 días
Precoces								
Pinto Villa	44	83	63	116	54	1.6	4.9	6.1
Pinto Zapata	42	81	53	96	56	1.3	5.1	6.2
Azufrado Tapatio	44	84	31	68	47	0.8	3.9	3.9
Media	43	83	49	93	52	1.2	4.6	5.4
Tardías								
Tlaxcala-62	49	97	49	133	37	1.0	5.1	5.8
Flor de Mayo M38	51	90	40	100	40	1.0	3.1	4.9
Bayo Criollo del Llano	49	91	36	140	25	0.9	5.0	4.1
Media	50	93	42	124	34	1.0	4.4	4.9
DSH (0.05) <sup>††</sup>	2	3	14	22	21	0.4	0.6	0.9

<sup>†</sup> Con base en la escala de Abawi y Pastor-Corrales (1990) (valores de 1 a 9) donde valores: 3.0 = reacción de resistencia, y valores: > 7.0 = reacción de susceptibilidad.

<sup>††</sup> DSH = Diferencia Significativa Honesta.

la planta hasta madurez fisiológica (Román-Avilés *et al.*, 2004). Futuros trabajos en frijol podrían utilizar medidas confiables de la emisión de raíces adventicias (número, volumen, longitud), cuando el objetivo sea la evaluación o selección de germoplasma tolerante a pudriciones de raíz y con alta productividad.

Acosta-Díaz *et al.* (2004) indicaron que la mejor adaptación de las variedades 'Pinto Villa' y 'Pinto Zapata' en Morelos, México se debió a que bajo condiciones de humedad restringida aceleraron su ciclo biológico y a que mostraron altos índices de cosecha, alto rendimiento de grano y estabilidad del rendimiento en sequía terminal. En el Altiplano de México, la utilización de variedades tardías incrementa el riesgo de pérdida de la producción debido al frío y heladas que inciden hacia el final del ciclo, por lo que se recomienda la selección de variedades mejoradas en base a su precocidad a floración y a madurez fisiológica, así como por alto potencial de rendimiento de grano (Rosal-Serna *et al.*, 2001; Padilla-Ramírez *et al.*, 2003).

El análisis de componentes principales indicó que el peso de 100 semillas, capacidad de absorción de agua, glucosa soluble, carbohidratos no estructurales y proteína cruda contribuyeron en proporción significativa (> 80 %) en la variabilidad de las características físico-químicas del grano de frijol (datos no mostrados). Las variedades tipo "Pinto" ('Pinto Zapata' y 'Pinto Villa') mostraron contenidos altos de proteína cruda y glucosa soluble, pero valores de intermedios a bajos de carbohidratos no estructurales, peso de 100 semillas y capacidad de absorción de agua (Cuadro 2). Jacinto *et al.* (1993) también observaron variación en las características físicas y culinarias del grano de 40 variedades de frijol. Mientras que en este trabajo el contenido de proteína cruda varió de 19 a 25 %, con los valores más altos en 'Pinto Zapata' y 'Pinto Villa', Na-

bhan *et al.* (1985) indicaron que la mayoría de las variedades de frijol común que se consumen en América Latina muestran contenidos de proteína cruda de 19 a 35 %, con promedio de 20 %.

La mayoría de las características físico-químicas del grano no estuvieron asociadas significativamente con el comportamiento agronómico en campo. En general, las características del grano de las seis variedades estuvieron asociadas negativamente con la duración del ciclo biológico, así como positivamente con el rendimiento de grano, biomasa y reacción a pudriciones de raíz. El peso y volumen de 100 semillas y la capacidad de absorción de agua se asociaron positivamente con rendimiento de grano y biomasa, tasa de llenado de grano y reacción a pudriciones de raíz, y negativamente con días a floración y a madurez fisiológica. El contenido de almidón soluble se asoció positivamente con rendimiento de biomasa. Se asociaron negativamente el almidón soluble con el índice de cosecha, glucosa soluble con rendimiento de biomasa y fibra cruda y proteína cruda con el índice de cosecha, glucosa soluble con rendimiento de biomasa y fibra cruda y proteína cruda con días a floración y a madurez fisiológica (Cuadro 3).

El análisis de correlación entre características físico-químicas del grano indicó asociación negativa entre el contenido de carbohidratos no estructurales y proteína cruda (-0.95\*\*), fibra cruda (-0.61\*\*) y almidón soluble (-0.40\*); hubo asociación positiva entre el contenido de proteína cruda y la fibra cruda (0.66\*\*). Pérez-Herrera *et al.* (2002) no observaron asociación entre color del grano y contenido de proteína, aunque en este trabajo se encontró mayor contenido de proteína en los frijoles pintos. Castellanos y Guzmán-Maldonado (1994), Castellanos *et al.*

Cuadro 2. Promedios de las características físico-químicas de seis variedades de frijol que fueron relevantes en el análisis de componentes principales.

Variedad	Peso de 100 semillas (g)	Absorción de agua (%)	Glucosa soluble (%) <sup>††</sup>	Carbohidratos no estructurales (%) <sup>††</sup>	Proteína cruda (%) <sup>††</sup>
Precoces					
Pinto Villa	35	69	1.3(±0.1)	45(±0.3)	21(±0.04)
Pinto Zapata	33	66	1.1(±0.1)	37(±0.1)	25(±0.02)
Azufrado Tapatío	26	50	1.1(±0.1)	45(±0.1)	20(±0.07)
Media	31	62	1.2	42	22
Tardíos					
Tlaxcala-62	28	55	0.9(±0.5)	45(±0.1)	20(±0.10)
Flor de Mayo M38	27	53	1.1(±0.1)	45(±0.1)	19(±0.09)
Bayo Criollo del Llano	27	55	1.4(±0.1)	44(±0.1)	21(±0.09)
Media	27	54	1.1	45	20

<sup>†</sup> Números entre paréntesis representan el error estándar.

<sup>††</sup> Datos reportados con base en materia seca.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación simple (r) entre características físico-químicas de la semilla y las características agronómicas de seis variedades de frijol.

Variable	DF <sup>†</sup>	DMF	RG	RB	IC	TLLG	SEV28	SEV56
Peso de 100 semillas	-0.65*	-0.58	0.91**	0.70*	0.11	0.95**	0.54	0.78*
Volumen de 100 semillas	-0.73*	-0.67*	0.83**	0.72*	0.03	0.90**	0.55	0.77*
Capacidad de absorción	-0.57	-0.53	0.91**	0.63*	0.20	0.95**	0.57	0.80**
Almidón soluble	-0.49	-0.44	0.09	0.73*	-0.81**	0.15	-0.31	0.28
Glucosa soluble	0.32	0.25	-0.39	-0.75*	0.57	-0.39	0.28	-0.51
Fibra cruda	-0.28	-0.61*	0.03	0.19	-0.15	0.25	-0.04	0.02
CNE	0.51	0.44	-0.28	-0.42	0.14	-0.32	-0.38	-0.48
Grasa cruda	0.12	0.19	0.01	0.27	-0.40	-0.07	-0.40	0.28
Proteína cruda	-0.70*	-0.61*	0.42	0.53	-0.11	0.49	0.52	0.53
Materia orgánica	0.17	-0.02	0.06	-0.02	0.01	0.13	-0.33	-0.23
Cenizas	-0.17	0.03	-0.06	0.02	-0.01	-0.13	0.33	0.24
Materia seca	-0.33	-0.14	-0.47	-0.26	-0.03	-0.46	0.43	-0.43
Humedad	0.33	0.14	0.47	0.26	0.03	0.46	-0.43	0.43

<sup>†</sup> DF = Días a floración; DMF = Días a madurez fisiológica; RG = Rendimiento de grano; RB = Rendimiento de biomasa; IC = Índice de cosecha; TLLG = Tasa de llenado de grano; SEV28 = Severidad de pudriciones de raíz a los 28 d; SEV56 = Severidad de pudriciones de raíz a los 56 d.

(1995) y Pérez-Herrera *et al.* (2002) observaron la asociación negativa entre la capacidad de absorción de agua y el tiempo de cocción, y entre la absorción y el tamaño de grano. En este trabajo, las variedades con semilla más grande tuvieron mayor capacidad de absorción de agua, mientras que Castellanos y Acosta-Gallegos (1992) detectaron mayor dureza del grano y menor capacidad de absorción de agua en las variedades cultivadas en el altiplano semiárido, aunque también mayor tolerancia a la sequía (Jacinto *et al.*, 1993; Castellanos y Acosta-Gallegos, 1992; Castellanos y Guzmán-Maldonado, 1994).

La capacidad de absorción de agua podría utilizarse como un criterio de selección en generaciones tempranas, para eliminar las líneas con menor capacidad de absorción y evitar el fenómeno de testa dura asociado con tiempos de cocción prolongados (Castellanos y Guzmán-Maldonado, 1994; Pérez-Herrera *et al.*, 2002). Finalmente, la asociación negativa entre proteína cruda y los carbohidratos no estructurales, así como positiva con la fibra cruda no es del todo favorable. La mayoría de los compuestos anti-nutricionales en el grano del frijol son carbohidratos (oligosacáridos) como rafinosa, estaquiosa y verbascosa, mismos que son de difícil digestión para el humano (Múquiz *et al.*, 1999).

Los resultados de este trabajo indicaron que las variedades 'Pinto Villa' y 'Pinto Zapata' exhibieron mayor rendimiento de grano en condiciones de temporal en Aguascalientes, así como las mejores características físico-químicas del grano, entre las que destaca el contenido de proteína. Sin embargo, también presentaron reacción intermedia a hongos causantes de pudriciones de raíz. Lo anterior indica que es deseable mejorar la resistencia a pudriciones de raíz de estas dos variedades de buenos atributos agronómicos, mediante el cruzamiento con fuentes de resistencia a hongos causantes de pudriciones de raíz, o mediante selecciones individuales dentro de cada variedad.

También se puede inferir que el mejoramiento genético del frijol en México debe seguir haciendo énfasis en la selección de variedades que presenten altos contenidos de proteína y de carbohidratos no estructurales y bajos en carbohidratos estructurales (incluidos en la fibra cruda), lo que permitirá tener variedades con altos contenidos proteicos, con mejor digestibilidad y con menores problemas de alta incidencia de compuestos anti-nutricionales tipo oligosacáridos u otros factores asociados a éstos, como las saponinas, lectinas o fitatos, mismos que generan flatulencia, permeabilidad de las membranas de la mucosa intestinal, diarrea, náusea y vómito, así como inhibición del cre-

cimiento en animales experimentales (Bollini *et al.*, 1999; Múzquiz *et al.*, 1999).

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento parcial de este trabajo por parte de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (Proyectos PIBT 04-9 y PIB01-08); International Foundation for Science (IFS, Estocolmo, Suecia) (Proyecto C/3210-1) y FOMIX-Tamaulipas (TAMPS 2003-C03-03). Así mismo, los autores agradecen a la M. en C. Sanjuana Hernández-Delgado (CBG-IPN, Reynosa, México) sus observaciones al borrador final del manuscrito.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abawi G S, M A Pastor-Corrales (1990) Root Rots of Beans in Latin America and Africa: Diagnosis, Research Methodologies, and Management Strategies. CIAT. Cali, Colombia. 114 p.
- Acosta-Díaz E, C Trejo-López, L M Ruíz-Posadas, J S Padilla-Ramírez, J A Acosta-Gallegos (2004) Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. *Terra Latinoam.* 22:49-58.
- Acosta-Gallegos J A, R Rosales-Serna, R Navarrete-Maya, E López-Salinas (2000) Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para condiciones de riego y temporal en México. *Agric. Téc. Méx.* 26:79-98.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2002) Official Methods of Analysis. Vol I. W. Horwitz (ed.). 17th Ed. Arlington, VA, USA. pp:1-36.
- Bollini R, E Carnovale, B Campion (1999) Removal of antinutritional factors from bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 3:217-219.
- Castellanos J Z, J A Acosta-Gallegos (1992) Calidad de cocción y contenido de proteína de 154 genotipos de frijol provenientes del altiplano semiárido. *Agrociencia S. Fitociencia* 3:55-64.
- Castellanos J Z, S H Guzmán-Maldonado (1994) Effect of hard shell in cooking time of common beans in the semiarid highlands of Mexico. *Bean Improv. Coop.* 37:103-105.
- Castellanos J Z, S H Guzmán-Maldonado, E González-De Mejía, J A Acosta-Gallegos (1995) Efecto de la localidad de siembra sobre la aceptación sensorial y otras características nutricionales y de calidad del grano en frijol común. *Arch. Latinoam. Nutr.* 45:50-55.
- Castellanos J Z, M H Guzmán, A Jiménez, C Mejía, R J J Muñoz, J A Acosta-Gallegos, G Hoyos, S E López, E D González, P R Salinas, A J González, V J A Muñoz, H P Fernández, B Cázares (1997) Hábitos preferenciales de los consumidores de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. *Arch. Latinoam. Nutr.* 47:163-167.
- Esquivel-Villagrana F, J S Padilla-Ramírez, R Ochoa-Márquez, L Reyes-Muro, N Mayek-Pérez. (2002) Efecto de la fecha de siembra y el régimen de humedad en el desarrollo de pudriciones de raíz y el rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Mex. Fitopatol.* 20:161-167.
- Fings C S, C R Toltiff, R T Duonin (1970) Glucose determination by o-toluidine method using glacial acetic acid. *In: Practical Clinical Chemistry.* G Toro, P G Ackerman (eds). Little Brown and Bonnon Co. Boston. pp:115-118.
- Hair J F, R F Anderson, R L Tatum, W C Black (1992) Multivariate Data Analysis. 3rd Ed. McMillan Publishing Co. New York. 544 p.
- Jacinto H C, J A Acosta-Gallegos, A J Ortega (1993) Caracterización del grano de variedades mejoradas de frijol en México. *Agric. Téc. Méx.* 19:167-179.
- Múzquiz M, C Burbano, G Ayet, M Pedrosa, C Cuadrado (1999) The investigation of antinutritional factors in *Phaseolus vulgaris*. Environmental and varietal differences. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 3:210-216.
- Nabhan G P, C W Weber, J W Berry (1985) Variation in composition of Hopi Indian beans. *Ecol. Food Nutr.* 16:135-152.
- Padilla-Ramírez J S, R Ochoa-Márquez, E Acosta-Díaz, J A Acosta-Gallegos, N Mayek-Pérez, J D Kelly (2003) Grain yield of early and late dry bean genotype under rainfed conditions in Aguascalientes, México. *Bean Improv. Coop.* 46:89-90.
- Pérez-Herrera P, G Esquivel-Esquivel, R Rosales-Serna, J A Acosta-Gallegos (2002) Caracterización física, culinaria y nutricional de frijol del altiplano subhúmedo de México. *Arch. Latinoam. Nutr.* 52:172-180.
- Rodríguez-Trejo D A, M L Duryea, T L White (2002) Fertilización nitrogenada y concentración de carbohidratos en plántulas de *Pisum palustris* Mill. producidas a raíz desnuda. *Agrociencia* 36:683-691.
- Román-Avilés B, S S Snapp, J D Kelly (2004) Assessing root traits associated with root rot resistance in common bean. *Field Crops Res.* 86:147-156.
- Rosales-Serna R, R Ochoa-Márquez, J A Acosta-Gallegos (2001) Fenología y rendimiento del frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperíodo. *Agrociencia* 35:513-523.
- StatSoft Inc. (1997) Statistica for Windows (CD-ROM Computer File). Release 5.1. Tulsa, OK, USA.
- Tejada-Hernández I (1992) Consideraciones generales sobre muestras y preparación de muestras. *In: Control de Calidad y Análisis de los Alimentos para Animales. Capítulo 2. Sistema de Educación Continua en Producción Animal.* México. pp:7-14.