

## CARACTERIZACIÓN DE GENOTIPOS NATIVOS DE FRIJOL DEL ESTADO DE HIDALGO, CON BASE A CALIDAD DEL GRANO\*

### CHARACTERIZATION OF NATIVE BEAN GENOTYPES FROM THE STATE OF HIDALGO, BASED ON ITS GRAIN QUALITY

Erika Elizabeth Muñoz-Velázquez<sup>1</sup>, David Rubio-Hernández<sup>1</sup>, Irma Bernal-Lugo<sup>2</sup>, Ramón Garza-García<sup>3</sup> y Carmen Jacinto-Hernández<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Agroindustrial. UACH. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, México. C. P. 56230. <sup>2</sup>Facultad de Química UNAM, México, D. F. 04510. <sup>3</sup>Programa

y <sup>4</sup>Laboratorio Calidad de Frijol. CEVAMEX-INIFAP. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. A. P. 10. Chapingo, México. C. P. 56230. Tel. 01 595 95 4 22 77 o 4 28 77 Ext. 134 y 148. (garza.ramon@inifap.gob.mx). <sup>§</sup>Autora para correspondencia: jacinto.carmen@inifap.gob.mx.

#### RESUMEN

México cuenta con un vasto acervo de germoplasma nativo de frijol; sin embargo, para poder utilizarlo se requiere conocer los atributos de los genotipos, tanto agronómicos, como de calidad comercial y nutrimental del grano. El objetivo de este estudio fue caracterizar, con base a la calidad culinaria y de proteína, a 65 genotipos nativos de frijol. Se determinó el color, brillo, forma y tamaño, y se evaluó la calidad culinaria, contenido y digestibilidad *in vitro* de la proteína del grano. Por el color de la testa se identificaron 16 grupos, llamados “tipos”, la mayoría con testa brillante. En los genotipos predominó la forma arriñonada del grano. Se observó gran diversidad de tamaño (volumen de grano), directamente relacionado con el peso ( $r= 0.96^{**}$ ). Los genotipos presentaron tiempos de cocción entre 43 a 81 min, lo cual se considera de rápida cocción. Se advirtieron diferencias significativas en el espesor del caldo, con un intervalo entre 0.22% y 0.58%. El genotipo de mayor tamaño y que también mostró mayor tiempo de cocción y caldo más espeso fue Cacahuate. El contenido de proteína varió desde 16.0% (tipo Ojo de Cabra) hasta 26.9% (tipo Negro). En promedio la digestibilidad *in vitro* de la proteína, fue superior a 84%. No se observó asociación entre el contenido y la digestibilidad *in vitro* de la proteína. El germoplasma estudiado mostró amplias diferencias en los parámetros de calidad, lo cual permitió afirmar que se puede aprovecharlo para obtener mejores variedades.

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris* L., calidad culinaria, digestibilidad *in vitro* de la proteína, germoplasma, proteína.

#### ABSTRACT

Mexico has a vast gene pool of native bean germplasm. To make use of this pool, knowledge of the genotype's agronomic, commercial and nutritional quality traits is necessary. This study was conducted to characterize 65 native bean genotypes on the basis of their cooking and protein quality. Color, shininess, shape and size were determined, as were cooking quality, content and *in vitro* digestibility of the protein. Sixteen groups, or “types”, were defined by seed coat color; most had shiny seed coats. The kidney shape prevailed in the accessions. A wide range in size (grain volume) was observed. This trait was directly related with weight ( $r= 0.96^{**}$ ). The genotypes had cooking times considered short, between 43 and 81 min. There were significant differences in broth thickness; solids were between 0.22% and 0.58%. The genotype with the largest grain and longest cooking time and thicker broth was Cacahuate type. Protein content varied from 16.0% (in Ojo de Cabra type) up to 26.9% (negro type). The *in vitro* digestibility of the protein was

\* Recibido: Febrero de 2009

Aceptado: Diciembre de 2009

more than 84%. There was no association between protein content and *in vitro* digestibility. Native bean germplasm exhibited wide variability in quality parameters, which can be used in selection of better varieties.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris* L., cooking quality, germplasm, *in vitro* protein digestibility, protein.

## INTRODUCCIÓN

En México, desde tiempos ancestrales, la dieta de la población ha tenido como base el consumo de leguminosas y cereales, principalmente frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y maíz (*Zea mays* L.) (Arias *et al.*, 1999). Durante los últimos años el consumo de frijol en México ha disminuido; mientras que en 1994 el consumo *per cápita* era de 15 kg, durante 2005 fue de 11.8 kg (INEGI, 2006).

El frijol que se produce y consume en México proviene en gran parte de genotipos nativos o criollos, y en menor nivel de variedades mejoradas, las cuales presentan ventajas agronómicas y también de calidad. En ambos casos, pero particularmente en los genotipos nativos, -cuya siembra tradicionalmente es para autoconsumo-, es común, además de la producción de grano seco, aprovechar el cultivo para obtener ejote.

Los atributos del grano que el consumidor prefiere son los que determinan la calidad comercial del mismo. Tanto el ama de casa como el industrial demandan granos de colores preferentes, de acuerdo a los hábitos alimenticios de la zona, que además sean de rápida cocción, y con características sensoriales de color, textura y sabor agradables. Para la comercialización de frijol en territorio nacional la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI, 2002), definió dos clases en atención al color del grano: los negros y claros. Existe además un tercer grupo denominado "otras clases" en donde se incluyen variedades de grano con diferentes colores, tamaños y formas, en este grupo se consideran los genotipos nativos que reciben nombres locales como acerado, morita, conejito, etc.

La calidad del grano de frijol es determinada por la variedad, manejo agronómico, condiciones del cultivo y posteriormente, de almacenamiento del grano. Los cambios poscosecha más frecuentemente observados, son el oscurecimiento, también llamado "oxidación", de los granos de testa clara, y el endurecimiento, que a la vez provoca el

aumento de su tiempo de cocción. Tanto la oxidación como el endurecimiento son ocasionados principalmente por el tiempo prolongado de almacenamiento o por condiciones inadecuadas en el almacén (Liu, 1995), aunque la dureza puede ser también de origen genético. Se conocen dos factores que pueden causar una cocción lenta o deficiente; la "testa dura", que describe un estado físico en el cual las semillas son incapaces de embeber suficiente agua, debido a la impermeabilidad parcial de la testa; y la "dureza a la cocción" que se refiere a la textura del cotiledón, la cual induce mayor tiempo de cocción (Liu, 1995; Reyes-Moreno y Paredes-López, 1993).

Por otra parte la calidad nutrimental se valora principalmente por el contenido de proteína del grano (Jacinto *et al.*, 2002a). El frijol constituye una de las principales fuentes de proteína en la dieta de grandes segmentos de la población, lo cual es relevante porque en México existe un nivel elevado de desnutrición energético-proteínica, principalmente en las zonas rurales y urbanas marginales. En el estado de Hidalgo, de donde son originarios los genotipos nativos en estudios diversos se demostró que 21.4% de la población padece desnutrición severa, 13.5% importante y 23.3% moderada (Roldán *et al.*, 2000). Una variedad mejorada de frijol con un contenido de proteína de aproximadamente 26%, que se obtiene en variedades como: Bayo Mecentral, Bayo Azteca o Jamapa, puede aportar 46% de la ingestión diaria recomendada de proteína para la alimentación infantil. Aunada a la importancia de la proteína del frijol para la alimentación, el grano contiene otros compuestos benéficos para el organismo humano como son vitaminas, minerales y fibra (Duranti y Gius, 1997), aunque también presenta algunos factores que limitan el valor nutrimental (Admassu y Kumar, 2005).

Investigaciones realizadas indicaron que en frijol nativo (Jacinto *et al.*, 2002b), así como en variedades mejoradas Jacinto *et al.* (1993), existe amplia diversidad en las características físicas y químicas, así como también en su tolerancia a envejecerse durante el almacenamiento (Jacinto *et al.*, 2001).

México es el centro de origen del frijol, y cuenta con un vasto acervo de poblaciones silvestres y nativas, éstas últimas también conocidas como criollas; sin embargo, hay escasa información sobre sus características físicas y químicas asociadas con la calidad del grano. Siendo los genotipos nativos parte importante de la riqueza genética de nuestro país, es necesario contar con su caracterización,

lo cual permitiría aprovechar este germoplasma en los programas de mejora genética, además de que se podría mejorar el aporte de proteína de los consumidores de estas variedades tradicionales al ofrecerles variedades con características morfológicas similares dentro de los tipos criollos, pero con mayor contenido de proteína de alta digestibilidad.

Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar genotipos nativos de frijol provenientes del estado de Hidalgo, con base a la calidad culinaria y proteína del grano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante 2006 se analizaron en el laboratorio de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), 65 genotipos de frijol nativo provenientes del estado de Hidalgo, las cuales se multiplicaron en el ciclo primavera-verano de 2005. La parcela fue de un surco de 4 m de longitud para cada genotipo, intercaladas con un surco de separación, para evitar contaminación. La siembra se hizo bajo condiciones de punta de riego; la dosis de fertilización N P K fue de 40-40-00 al momento de la siembra, en la localidad de Santa Lucía de Prías, Texcoco, México, que está a los 19° 27' latitud norte y 98° 53' longitud oeste, a 2 250 m; el clima en el área se clasifica como Cb (Wo), templado con lluvias en verano y una temperatura media anual de 15.2 °C, con una precipitación de 636.5 mm anuales (García, 1987).

Los genotipos cosechados se clasificaron por su color, brillo y forma de semilla, tomando como referencia los descriptores que, para *Phaseolus vulgaris* L., menciona el consejo internacional para recursos fitogenéticos (IBPGR, 1982).

Se registró el peso y el tamaño del grano, éste último medido como volumen, ambos en muestras de 100 granos. La capacidad de absorción de agua se midió para detectar si el genotipo presentaba la “testa dura”; que se refiere a que después de 18 h de remojo su peso se incrementa en menos de 70% por el agua absorbida (Guzmán *et al.*, 1995). Cuando el grano absorbe agua más de 80% de su peso, puede ser un indicador de que tenderá a suavizarse rápidamente durante la cocción. Se determinó también el tiempo de cocción del grano y el porcentaje de sólidos en el caldo, que es un

indicador del espesor del mismo. Las pruebas se realizaron por duplicado, de acuerdo a la metodología descrita por Guzmán *et al.* (1995).

El tiempo de cocción se registró en términos de los minutos transcurridos a partir de que una muestra de 25 granos se colocó en agua en ebullición, en un equipo con condensadores de reflujo, hasta el momento en que 60% de los granos alcanzó una textura granular suave, determinada por evaluación sensorial. El porcentaje de sólidos en el caldo de cocción se determinó por la diferencia de peso al evaporar el líquido de una alícuota de 10 ml del caldo.

Se analizó el contenido de proteína por el método Kjeldahl, utilizando el equipo semiautomatizado Kjeltec-1030. El porcentaje de proteína se obtuvo a partir del nitrógeno total, aplicando el factor 6.25. Asimismo, se evaluó la digestibilidad *in vitro* de la proteína en ocho genotipos sobresalientes por su alto (>25%) y bajo (<19%) contenido de proteína. La determinación se realizó de acuerdo al método descrito por Saterlee *et al.* (1979), utilizando cuatro enzimas: tripsina, quimotripsina, peptidasa y proteasa bacteriana, para simular el proceso de digestión en el organismo humano, en las muestras de frijol previamente cocidas, deshidratadas y pulverizadas.

Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar, con 16 tipos (con base a color) y 65 tratamientos (accesiones), ambos con dos repeticiones. Se usó el procedimiento GLM (modelo lineal general del programa SAS (Sistema de Análisis Estadístico) versión 8 (SAS, Institute 1999). La comparación de medias se hizo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Además se obtuvo una matriz de correlaciones de Pearson. Se aplicó un análisis de componentes principales y se obtuvo el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de cada variable con respecto a su componente principal correspondiente y un agrupamiento jerárquico a los 65 tratamientos, con el procedimiento Cluster opción estándar (Est) y el método de ligamiento promedio de SAS (SAS, Institute 1999).

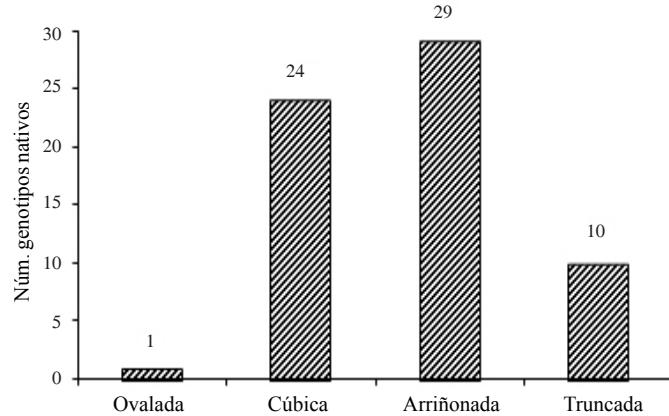
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por el color de la testa se formaron 16 grupos que se denominaron “tipos” de frijol (Cuadro 1). Predominaron los genotipos de color negro, crema-rosado y amarillo mostaza, aunque dentro de la diversidad se observaron algunos poco convencionales como color vino, acerados, vino con pintas crema y pinto morado-crema-negro.

**Cuadro 1. Agrupamiento de 65 genotipos nativos de frijol por color.**

Color o tipo	Núm. genotipos nativos
Negro	12
Amarillo mostaza	8
Crema-rosado	8
Crema	6
Crema con pintas negro-café	5
Pinto-morado-crema-negro	4
Flor de Mayo	4
Canario	3
Ojo de Cabra	3
Crema-amarillo	3
Café oscuro	3
Café claro	2
Acerado	1
Vino	1
Vino con pintas crema	1
Cacahuate	1

La forma del grano más común fue la arriñonada, presente en 29 genotipos (44.6%) y la cúbica en 24 (36.9%) (Figura 1). Dentro de los tipos que presentaron forma arriñonada se encuentran flor de mayo, crema-amarillo, negro, vino y pinto morado-crema-negro. Las que presentaron forma cúbica fueron Ojo de Cabra, amarillo mostaza y Cacahuate. No se observaron genotipos con grano redondo.



**Figura 1. Distribución de 65 genotipos nativos de frijol de acuerdo a la forma del grano.**

Más de 80% de los genotipos nativos mostraron grano con testa brillante. Dentro de los tipos con testa opaca estuvieron los café claro, vino, crema-amarillo y algunos negros. La importancia del brillo en la testa radica en que, según se ha reportado, los granos con testa brillante requieren mayor tiempo de cocción (Tapia *et al.*, 1985), lo cual afecta la calidad del grano, ya que el consumidor prefiere frijol que sea de cocción rápida. En este estudio no se detectó asociación entre el brillo de la testa y el tiempo de cocción. Los genotipos se cocieron entre 43 a 81 min (Cuadro 2), lo cual se considera de rápida cocción (Jacinto *et al.*, 2003).

**Cuadro 2. Valor medio de características de calidad de 65 genotipos de frijol.**

Variable	Media	Mínimo	Máximo	DE	CV
Peso (g)	30.6	18.4	51.3	7.0	9.0
Volumen (ml)	23.7	14.0	41.0	6.0	9.1
Absorción (%)	85.6	14.0	137.0	18.8	14.7
T. cocción (min)	60.6	43.0	81.0	8.4	6.3
Sólidos en caldo (%)	0.3	0.2	0.6	0.1	13.4
Proteína (%)	22.2	16.0	26.9	2.0	3.9

DE=desviación estándar; CV=coeficiente de variación (%); T. cocción = tiempo de cocción.

Se observó una gran diversidad entre tipos, en el volumen de grano, que osciló entre 14 y 41 ml (Cuadro 2). Esta variable se relaciona directamente con el peso ( $r= 0.96^{**}$ ), el cual mostró un intervalo de 18.4 hasta 51.3 g/100 semillas. El genotipo de mayor tamaño fue tipo Cacahuate. Esta variabilidad en tamaño del grano, además de mostrar la diversidad del frijol nativo, permite disponer de un gran número de opciones para satisfacer la preferencia de los consumidores.

La capacidad de las accesiones para absorber agua fue de 14 a 137% (Cuadro 2), menos de 80% mostraron testa dura, de acuerdo a la clasificación de Guzmán *et al.* (1995). El nivel de agua absorbida se ha correlacionado ( $r = -0.66^{**}$ ) con el tiempo de cocción (Jacinto *et al.*, 2002a); sin embargo, en este caso no existió asociación entre estas variables, lo cual podría deberse a que en su mayoría no mostraron problemas de testa dura.

Los tipos Cacahuate y café claro fueron los que requirieron mayor tiempo de cocción, en comparación con los negros, crema-amarillo y pinto morado-crema-negro (Cuadro 3). El hecho de que los genotipos fueran de cocción rápida (<80 min), aun cuando algunos de ellos, como los de color crema-amarillo y Ojo de Cabra, presentaron la testa dura, sugiere que las características de dureza a la cocción y testa dura pueden ser independientes.

**Cuadro 3. Valores promedio por tipo de frijol nativo para características físicas y de calidad culinaria.**

Color o tipo	Peso (g)	Absorción (%)	Sólidos en caldo (%)	Tiempo cocción (min)
Cacahuate	50.4 a	95.5 a	0.58 a	72.5 a
Vino pintas crema	47.9 ab	77.5 a	0.50 ab	67.5 abc
Acerado	47.1 ab	99.5 a	0.49 abc	57.0 abc
Flor de Mayo	38.5 bc	80.3 a	0.38 bcde	60.8 abc
Canario	35.7 cd	81.8 a	0.44 bcd	66.0 abc
Ojo de Cabra	35.0 cd	103.5 a	0.37 cde	64.5 abc
Vino	30.9 cd	89.5 a	0.35 def	59.5 abc
Crema	30.8 cd	84.6 a	0.34 def	64.9 abc
Crema-rosado	30.8 cd	78.7 a	0.29 ef	62.2 abc
Café oscuro	30.6 cd	78.8 a	0.34 def	59.0 abc
Crema pintas negro-café	30.1 cde	84.3 a	0.31 def	55.6 bc
Pinto morado-crema-negro	28.4 cde	85.0 a	0.30 ef	52.8 c
Amarillo mostaza	28.2 cde	74.6 a	0.31 def	66.3 abc
Negro	26.2 de	92.0 a	0.27 ef	54.8 bc
Crema-amarillo	25.6 de	102.8 a	0.31 def	54.0 c
Café claro	19.7 e	89.2 a	0.22 f	70.5 ab

Medias con distinta letra en cada columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

La cantidad de sólidos en el caldo de cocción está relacionada con el sabor y consistencia. Los caldos más espesos contienen más sólidos y son preferidos por los consumidores (Jacinto *et al.*, 2002b).

Se observaron diferencias significativas en el espesor del caldo de cocción entre los tipos. El intervalo en el contenido de sólidos estuvo entre 0.22% y 0.58%. Los tipos Cacahuate, Canario, color vino y acerado mostraron mayor contenido de sólidos, mientras que los negros y café claro tuvieron

menor contenido (Cuadro 3). Estos resultados coinciden con los reportados por Jacinto y Campos (1993), quienes en variedades mejoradas observaron una variación en el contenido de sólidos de 0.24 a 0.58%.

En relación con el número de granos abiertos durante la cocción, se observó que los Ojo de Cabra y color crema tendieron a abrirse antes de concluir su cocción, mientras que los de color vino, canario y acerado no mostraron fracturas en el grano.

Fue notable también la amplia diferencia entre tipos en cuanto al contenido de proteína, cuyo intervalo fue de 20.7 a 26.0 (Cuadro 4). Los genotipos de color vino, crema-amarillo y canario mostraron mayor contenido de proteína, que los de color amarillo mostaza, crema-rosado y Ojo de Cabra.

**Cuadro 4. Contenido de proteína de genotipos nativos de frijol agrupados en 16 tipos.**

Color o tipo	Proteína <sup>†</sup> (%)
Vino	26.0 a
Crema-amarillo	25.1 ab
Canario	23.7 abc
Flor de mayo	23.6 abc
Café claro	23.6 abc
Cacahuate	22.7 abc
Vino con pintas crema	22.5 abc
Negro	22.4 abc
Café oscuro	22.4 abc
Crema	21.8 bc
Crema con pintas negro-café	21.7 bc
Pinto morado-crema-negro	21.6 bc
Acerado	21.6 bc
Ojo de Cabra	21.4 bc
Crema-rosado	21.1 bc
Amarillo mostaza	20.7 c

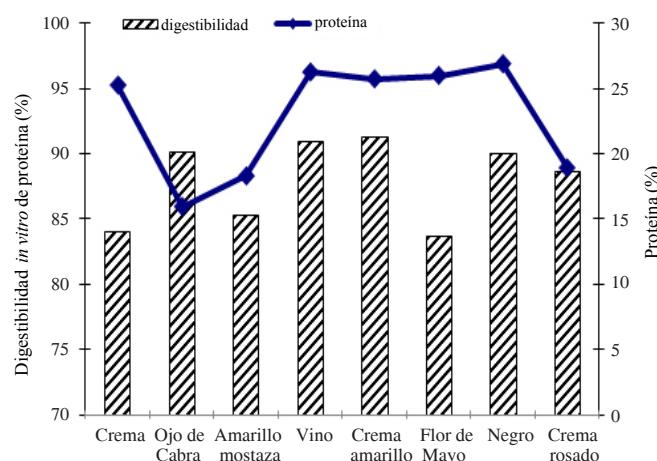
Medias con distinta letra en cada columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ); <sup>†</sup>Datos en base seca.

Los genotipos que sobresalaron por su alto contenido de proteína (>23.5%) fueron: color negro, genotipo-1 (26.9%); vino, genotipo-5 (26.3%); crema, genotipo-54, (25.2%); Flor de Mayo, genotipo-57 (26.0 %); crema-amarillo, genotipo-25 (25.7 %). Dentro de los que presentaron contenidos más bajo (< 20%) estuvieron: Ojo de Cabra, genotipo-2 (16%); amarillo mostaza, genotipo-32 (18.3%), y crema-rosado, genotipo-11 (18.9%). El contenido de proteína, al igual que otros factores de calidad, es afectado por el ambiente; sin embargo, no es frecuente encontrar variedades con contenido de proteína inferior a 18%. El bajo contenido de proteína mostrado por algunas accesiones

es un factor que podría estar asociado con el nivel de desnutrición de la población en la zona donde se siembran y consumen esos genotipos.

Los valores de proteína detectados coinciden con los reportados por Jacinto *et al.* (2002b), quienes al realizar una evaluación de 131 genotipos nativos provenientes de diferentes estados de México, encontraron un intervalo de 17.8 a 26.5 % de proteína.

En la digestibilidad *in vitro* de la proteína se definió un intervalo de 83.6 a 91.3% (Figura 2), este dato es congruente con el reportado para una población de líneas endogámicas, que varió de 85.2 a 87.5% (Jacinto *et al.*, 2002a). En el caso de las líneas endogámicas la cercanía genética reduce la variabilidad en este carácter. Por otra parte, Egg *et al.* (2003) indican que los compuestos fenólicos presentes en el frijol, también afectan la digestibilidad *in vitro*, estos compuestos, junto con las antocianinas se asocian con el color de grano. La variabilidad en color es una característica evidente en el grupo de genotipos nativos estudiados.



**Figura 2. Contenido y digestibilidad *in vitro* de proteína en frijol cocido de ocho genotipos nativos.**

Se consideró importante realizar la determinación de la digestibilidad *in vitro* de la proteína, en el frijol cocido, pues es la forma en la que se consume y por ello resulta un indicador más cercano a la digestibilidad en nuestro organismo. La determinación en frijol crudo no sería buen indicador, autores como Duranti y Gius (1997), refieren a que uno de los componentes antinutrientales que provocan una baja digestibilidad de la proteína es el inhibidor de tripsina,

el cual es inactivado por el calor; por lo que el obtener valores de digestibilidad *in vitro* superiores a 80% indica que se tuvo una buena cocción provocando la inactivación del inhibidor de tripsina. Aunado a esto Njintang *et al.* (2001), mencionan que la digestibilidad *in vitro* de la proteína aumenta con el secado que se les da a las muestras antes de su análisis.

El intervalo de digestibilidad *in vitro* en las accesiones de bajo contenido de proteína ( $\leq 19\%$ ) fue 85.2 a 90.2% y en las de alto contenido ( $\leq 25\%$ ) fue de 83.6 a 91.3%. No se observó asociación entre el contenido de proteína y digestibilidad *in vitro* de la misma.

Se sabe que la cocción provoca la desnaturalización de la proteína (Liu, 1995) y con ello la digestibilidad aumenta, por lo que es más fácil la degradación de la proteína para las enzimas utilizadas durante la prueba; sin embargo, no se detectó asociación entre el tiempo de cocción, y la digestibilidad *in vitro* de la proteína. Los genotipos con digestibilidad menor a 85% se cocieron en 53-58 min, mientras que los de digestibilidad mayor a 85% en 55-60 min.

Por otra parte, Jacinto y Campos (1993) observaron valores de digestibilidad *in vitro* de la proteína de 76.0 a 82.2% para frijol crudo y de 84.1 a 93.2% para frijol cocido, ellos observaron que la digestibilidad del frijol cocido, con respecto al crudo, se incrementó 10% en promedio. Asimismo, remarcan la necesidad de aplicar tiempos de cocción acordes a los requerimientos de cada genotipo, lo cual es también importante para la destrucción adecuada de inhibidores de tripsina, que son los factores antifisiológicos más termoresistentes del frijol.

El análisis de componentes principales (CP), tuvo información de las nueve características que incluyeron atributos físicos, calidad culinaria y contenido de proteína (Cuadro 5). Los tres primeros componentes explicaron 70% de la variación total: el primero 35%, segundo 22% y tercero 13%. Las nueve variables fueron importantes para la definición de los componentes principales. En el primero las variables más significativas fueron el peso y volumen de 100 granos, y contenido de sólidos en el caldo. Lo anterior indica que las accesiones que mostraron mayor peso y tamaño del grano son las que

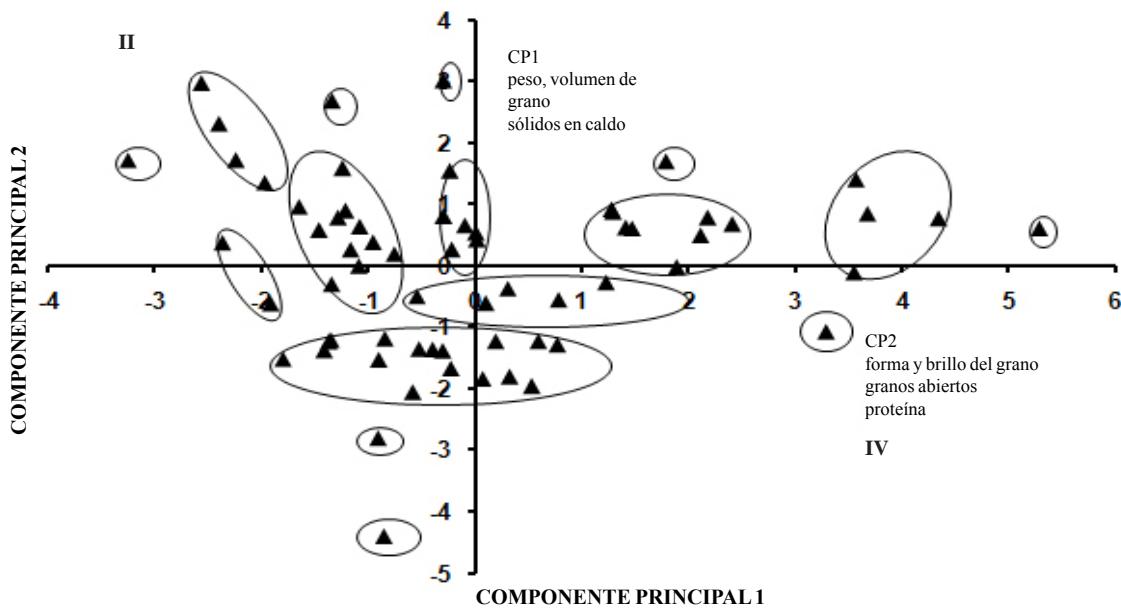
tuvieron caldos más espesos. En el segundo componente las variables más sobresalientes fueron la forma y brillo de la testa, número de granos abiertos durante la cocción, y contenido de proteína, lo cual quiere decir, que las accesiones con mayor contenido de proteína fueron de grano opaco y tendieron a mostrar menos granos abiertos. Asimismo, las de forma ovalada y truncada tendieron a mostrar mayor contenido de proteína.

En el componente principal tres, fueron las variables de mayor peso; la forma, brillo de la testa, absorción de agua y tiempo de cocción, indicando que a mayor capacidad para absorber agua los granos tuvieron menor tiempo de cocción.

**Cuadro 5. Vectores característicos de nueve variables de calidad de 65 accesiones de frijol de *P. vulgaris*.**

Variable	Vectores característicos		
	CP1	CP2	CP3
Forma	-0.0699	0.3467	0.4838
Brillo de la testa	0.2606	-0.3564	0.3478
Peso 100 granos	0.5418	0.0212	0.1358
Volumen 100 granos	0.5252	0.0560	0.1660
Absorción de agua	-0.1142	0.2619	0.4340
Tiempo de cocción	0.2765	-0.1040	-0.5447
Granos abiertos	-0.1222	-0.5470	0.2693
Sólidos en caldo	0.5028	0.1087	0.0419
Proteína	0.0222	0.5989	-0.1481

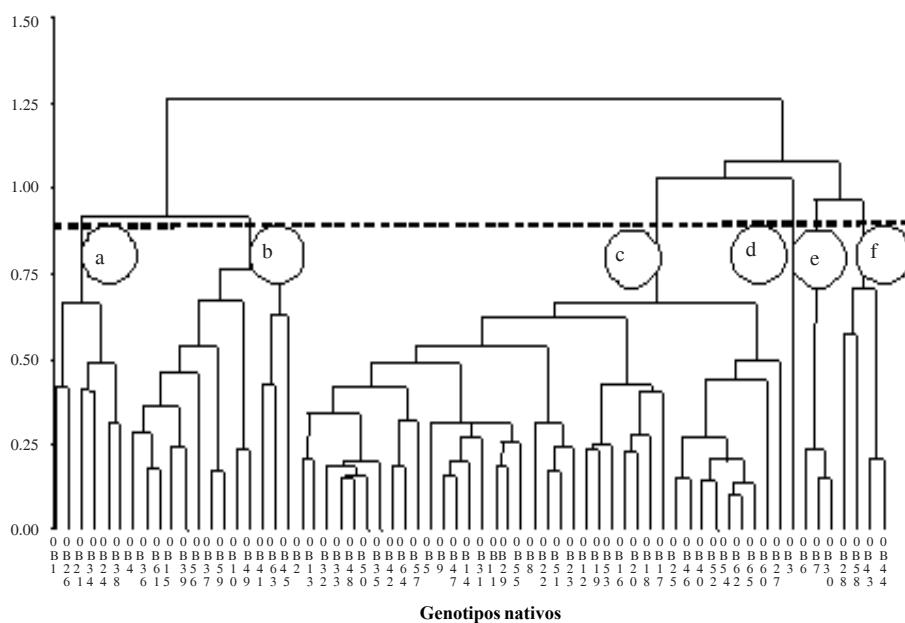
La distribución espacial de las accesiones considerando los dos primeros componentes principales (Figura 3) muestra una tendencia a agrupar los genotipos por colores o tipos de grano, atendiendo al peso, volumen del grano, sólidos en el caldo, forma y brillo de la testa, así como granos abiertos. Lo que si se separa en forma muy notoria son un cacahuate (genotipo-28), en el cuadrante superior derecho, por su gran tamaño de grano, mientras que por su grano muy pequeño también se separa el genotipo-27, en el cuadrante II; en el caso del Ojo de Cabra (genotipo-2) con el más bajo contenido de proteína se separa de los otros grupos y se ubica en el cuadrante inferior izquierdo (Figura 3).



**Figura 3. Distribución de 65 accesiones nativas de frijol con base en los dos primeros componentes principales de nueve variables de calidad del grano.**

El agrupamiento jerárquico definió seis grupos (Figura 4). El grupo “a” se constituyó por similitudes en tiempo de absorción, proteína y tiempo de cocción; mientras que el grupo “c” agrupó a 38 genotipos por sus coincidencias en peso y volumen. El genotipo-3, de grano pequeño, forma truncada, color café claro, con alto contenido de proteína

(25%) se diferenció de las demás accesiones sin asociarse con alguna (grupo “d”). El grupo “e” se constituyó por similitudes en absorción, peso, volumen, proteína y tiempo de cocción. Y el grupo “f” unió genotipos de tamaño grande (37-50 g/100 granos) y contenido de proteína entre 21.6 y 24.9%.



**Figura 4. Dendrograma de 65 accesiones nativas de frijol, con base en el análisis de agrupamiento jerárquico con nueve variables de calidad del grano.**

## CONCLUSIONES

En cuanto a color de la testa se identifican 16 grupos o clases, donde predomina el frijol negro con 12 genotipos nativos, seguido de crema-rosado (8) y amarillo-mostaza (8).

Se detectaron diferencias significativas entre genotipos de frijol en relación a la forma y tamaño de grano, tiempo de cocción, espesor del caldo y contenido de proteína.

La digestibilidad *in vitro* de la proteína de los genotipos nativos fue variable y no se asoció con su contenido en el grano.

Los genotipos nativos de *P. vulgaris* negro (genotipo-60) o Flor de Mayo (genotipo-57), podrían ser útiles en los programas de mejoramiento como fuente de proteína, mientras que el amarillo (genotipo-62) y negro (genotipo-22), se distinguen por su reducido tiempo de cocción.

## LITERATURA CITADA

- Admassu, S. E. and Kumar, R. S. 2005. Antinutritional factors and *in vitro* protein digestibility of improved haricot bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Ethiopia. Int. J. Food Sci. Nutr. 56(6):377-387.
- Arias, J. D.; Chavero, A.; Olavarria, E.; Vigil, J. M. y Zárate, J. 1999. México a través de los siglos. Compendio de la obra de Vicente Riva Palacio. Ed. Océano. Barcelona, España. 272 p.
- Duranti, M. and Gius, C. 1997. Legume seeds: protein content and nutritional value. Field Crops Res. 53: 31-45.
- Egg, M. C. V.; Patto, A. C. M.; Duarte, C. A.; Donizete, S. C. and Ramalho, M. A. 2003. Quantificação de polifenóis e digestibilidade protéica de famílias de feijoeiro comum. Ciênc. Agrotec. Lavras 27(4):858-864.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM. México, D.F. 217 p.
- Guzmán, M. H.; Jacinto, H. C. y Castellanos, Z. J. 1995. Manual de metodologías para evaluar calidad de grano de frijol. SAGAR, INIFAP, CIRCE. 75 p. (Tema Didáctico Núm. 2).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2006. Agenda estadística de los Estados Unidos Mexicanos 2005. INEGI. D. F. México. 213 p.
- IBPGR (Internacional Board for Plant Genetic Resources). 1982. Descriptors for *Phaseolus vulgaris*. Crop genetic resources centre. Plant production and protection division. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, Italy. p. 15-17.
- Jacinto-Hernández, 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.
- Jacinto-Hernández, C. y Campos, E. A. 1993. Efecto de la cocción sobre algunas características nutricionales del frijol. Agron. Mesoam. 4:42-47.
- Jacinto-Hernández, C.; Iturbide-Portillo, J. G. and Rubio-Hernández, D. 2001. Effects of accelerated storage on culinary and nutritional quality of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 48824. 44:151-152.
- Jacinto-Hernández, C.; Hernández-Sánchez, H.; Azpiroz-Rivero, H. S.; Acosta-Gallegos, J. A. y Bernal-Lugo, I. 2002a. Caracterización de una población de líneas endogámicas de frijol común por su calidad de cocción y algunos componentes nutrimentales. Agrociencia. 36:451-459.
- Jacinto-Hernández, C.; Bernal, L. I. and Garza, G. R. 2002b. Food quality of drybean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from different states of Mexico. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 45:222-223.
- Jacinto-Hernández, C.; Hernández-Sánchez, H.; Azpiroz-Rivero, S.; Acosta-Gallegos, J. A. and Bernal-Lugo, I. 2003. Genetic analysis and randomly amplified polymorphic DNA markers associated with cooking time in common beans. Crop Sci. 43:329-332.
- Liu, K. 1995. Cellular, biological, and physicochemical basis for the hard-to-cook defect in legume seeds. Crit. Rev. in Food Sci. & Nutr. 35(4):263-298.
- Njintang, N. Y.; Mbofung, C. M. F. and Waldron, K. W. 2001. *In vitro* protein digestibility and physicochemical properties of dry red bean (*Phaseolus vulgaris*) flour: effect of processing and incorporation of soybean and cowpea flour. J. Agric. Food Chem. 49:2465-2471.
- Reyes-Moreno, C. and Paredes-López, O. 1993. Hard-to-cook phenomenon in common beans - a review. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 33(3):227-286.

- Roldan, A. A.; Chávez, V. A.; Ávila, C. A.; Muñoz, Ch. M.; Álvarez, I. A. y Ledesma, S. A. 2000. La desnutrición a nivel municipal en México de acuerdo a un indicador mixto de estado nutricional. Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán (INNSZ). D. F. México. p. 94.
- Statistical Analysis Systems Institute (SAS Institute). 1999. The SAS for windows version eight. SAS Institute Inc. Cary, N.C., USA. 1028 p.
- Saterlee, L. D.; Marshall, F. H. and Tennyson, M. J. 1979. Measuring protein quality. J. Am. Oil Soc. 56: 103-109.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). 2002. Norma Mexicana NMX-FF-038-SCFI. 2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano. Fabaceas (*Phaseolus vulgaris* L.). Especificaciones y métodos de prueba. Dirección General de Normas. México, D. F. 26 p.
- Tapia, B. H.; López, S. J. y Estrada, B. 1985. Evaluación de un método para reducir el tiempo de cocción en frijol común. Memorias de la XXXI Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula, Honduras. p. 67.