

## Distribución de la proteína en fracciones físicas de la molienda y tamizado del grano de amaranto

María Ester Búcaro Segura y Ricardo Bressani

Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Instituto de Investigaciones.  
Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala

**RESUMEN.** El objetivo del estudio fue establecer la distribución de las proteínas en las fracciones físicas de harina de amaranto, en particular entre la harina del germen y la harina del perispermo. La distribución de las proteínas se obtuvo aplicando la serie de solventes utilizadas en la Metodología de Osborne & Mendel. La muestra de 2000 g de *A. cruentus* se dividió en cuatro partes iguales de 500 g. Una se tomó como control y las restantes fueron molidas individualmente con un molino de 3 fases. Cada harina fue luego tamizada por 18, 20, 30 y 40 mesh, obteniendo de cada lote de harina 5 fracciones. Muestras de estas harinas se observaron por estereoscopia y se analizaron por humedad, grasa y proteína. Estas características sugirieron que la fracción retenida en 30 mesh y la que pasaba 40 mesh posiblemente era el perispermo y el germen respectivamente. La de 30 mesh contenía 2.34% de grasa y 9.05% de proteína mientras que la que pasó 40 mesh contenía 16.18% de grasa y 26.46% de proteína. La extracción y fraccionamiento de las proteínas indicó que las fracciones proteínicas más importantes tanto en germen como en el perispermo fueron las solubles en agua y glutelinas medidas por Kjeldahl. La relación solubles en agua + globulinas a glutelinas fue de 2.1 a 1 en el grano, de 1.9 a 1 en el perispermo y de 1.7 a 1 en el germen. La distribución de las proteínas en el perispermo es muy similar a la distribución en el germen. Los niveles de prolaminas en los dos tejidos son significativamente bajos. La extracción de las proteínas de la harina retenida en 30 mesh posiblemente el perispermo fue 71.1% medido por Kjeldahl y fue de 47.4% por el método de Bradford.

**Palabras claves:** Grano de amaranto, harinas, fracciones de diferentes granulometría, composición química, distribución proteínica, perispermo y germen.

### INTRODUCCION

El grano de amaranto en una planta ancestral de uso popular entre los antiguos habitantes del continente latinoamericano. La discontinuación de su uso se debió mas a supersticiones que a un razonamiento científico, sin embargo en base a sus cualidades nutritivas y potencial de uso en alimentos, su disponibilidad y utilización se está incrementando. Durante los últimos 20 años, el grano de amaranto se ha estudiado extensamente, tanto desde el punto de vista genético agronómico como en los otros eslabones

**SUMMARY. Protein fraction distribution in milling and screened physical fractions of Grain amaranth.** The purpose of the study was to establish the protein distribution based on solubility in physical fractions of amaranth flour, in particular between the flour from the germ and that from the perisperm. The protein distribution was obtained applying a series of solvents sequentially utilized in the classical methodology of Osborne & Mendel. The sample of *A. cruentus* weighing 2000 g was divided into 4 subsamples of 500 g each. One was left as the control while the other 3 were ground individually with a mill. Each flour was screened through 18, 20, 30 and 40 mesh screens, so that 5 fractions were obtained from each of the whole grain flours. Samples of each screened fractions were observed by stereoscopy and analyzed for moisture, fat and protein. This characterization suggested that the fraction above the 30 mesh screen and the flour which passed the 40 mesh screen probably were the perisperm and germ respectively. The 30 mesh sample contained 2.34 fat and 9.05% protein while the 40 mesh contained 16.18% fat and 26.46 % protein. The extraction and partitioning of the proteins indicated that the most important fractions in germ and perisperm were the water soluble and glutelins measured by Kjeldahl. The relationship of the water soluble + globulin to glutelin ratio was 2.1 to 1 in the whole grain, 1.9 to 1 in the perisperm and 1.7 to 1 in the germ. The distribution of proteins was very much alike between germ and perisperm. The levels of prolamines were quite low. The protein extraction of the perisperm proteins retained on the 30 mesh screen was low (71.1%) measured by Kjeldahl and 47.4% with the Bradford method to measure protein.

**Key words:** Grain amaranth, flour of different particle size, chemical composition, protein distribution, perisperm and germ.

de la cadena alimentaria, incluyendo desarrollo de productos y valor nutritivo (1-3). El alto potencial del amaranto como fuente alimenticia se basa en su alto contenido de proteína que varía entre 13-18% (4-6). Además esa proteína esta compuesta por un buen balance de aminoácidos esenciales, principalmente lisina, aunque se ha informado que es deficiente en treonina (4). Debido a lo interesante de la composición de la proteína, varios investigadores han estudiado el contenido de fracciones proteínicas en el grano. Bressani y García Vela (7) informa. on que la distribución de proteínas en el grano basada en su solubilidad, era de 20.7%

de albúminas, 19.2% de globulinas, 2.2% de prolaminas y 49.5% de glutelinas, con una relación entre globulina y albúmina de 0.95.

Este hallazgo coincidió con investigaciones de Soriano-Santos y col (8) y Segura-Nieto y col (9) usando harina del grano de amaranto. Konishi y col (10) hallaron contenidos altos de albúminas y globulinas pero con una relación globulina/albumina de 1.2 - 2.3. Numerosas investigaciones en este tema (11- 14), han utilizado diversidad de soluciones para la extracción de proteína y siempre se ha encontrado una mayor porción de albúmina y globulina, seguido de glutelinas como grupo proteico individual más importante y las prolaminas en muy pequeñas cantidades y hasta consideradas como proteínas de reserva, como se ha indicado en el caso de los cereales.

Gorinstein y Moshe (12), declaran en su trabajo que el fraccionamiento proteico y la composición de aminoácidos del amaranto es mas comparable a la soya que a los cereales. La composición de aminoácidos de las proteínas constituyentes del grano fue descrita por Barba de la Rosa y colaboradores (13,14) así: albúmina rica en lisina y valina, globulina rica en metionina y cisteína; prolamina rica en aminoácidos azufrados y fenilalanina y, por último, las glutelinas en leucina, treonina e histidina. En general las glutelinas exhiben la mayor proporción de aminoácidos esenciales (2,12).

Recientemente Barba de la Rosa y colaboradores (13,14) recomendaron una serie de solventes que encontraron óptimos para la extracción y caracterización de las proteínas de la semilla entera del amaranto. Sin embargo, todos los estudios realizados hasta el momento se han hecho con el grano entero y no con las dos fracciones más importantes del grano como son el germen y el perispermo y se ha postulado en el presente estudio que las fracciones proteicas del germen y perispermo son diferentes, como en los cereales.

Betschart y colaboradores (15) usaron sistemas de molienda perlado y lograron separar con bastante éxito el germen del perispermo, confirmándose luego su éxito mediante la separación manual del grano. Una de las fracciones, el germen, se caracteriza por un alto contenido de grasa y proteína (2.3 - 2.6 veces mas), vitaminas y minerales; la otra fracción, el perispermo se caracteriza por alto contenido de almidón. Estos autores encontraron que el contenido de aminoácidos del perispermo era diferente al del germen. El puntaje químico fue de 88 para el perispermo y 72 para el germen; sin embargo, el PER del germen fue de 1.83, mientras que el del perispermo fue de 0.62. Estas diferencias no fueron explicadas, pero sugieren que posiblemente existían mayores diferencias entre los aminoácidos esenciales, proteínas constitutivas y su distribución entre las dos fracciones físicas de la semilla.

El objetivo de la presente investigación fue establecer la distribución de las diversas clase de proteínas por sus

características de solubilidad en varios solventes, presentes en las fracciones físicas del grano de amaranto, el germen y el perispermo, obtenidas por abrasión y tamizaje.

## MATERIALES Y METODOS

Para la realización del estudio se utilizó la variedad 84S-K277 (Rodale) que es un *Amaranthus cruentus*. La semilla fue cultivada en Ahuachapan, El Salvador en 1993 y almacenada a 5-8°C hasta su utilización. De un total de 2000 g, se prepararon 4 submuestras de 500 g cada una. Una de ellas de grano entero se utilizó como muestra control y los otros 3 se pasaron individualmente por un molino de 3 fases con un voltaje de 230, 7.8 amperios y 60 ciclos. (Molino # 1050, Lee Engineering Company, Milwaukee, Wisc. USA). Cada muestra fue pesada antes y después de la molienda y luego almacenada a 5-8°C hasta el momento de la siguiente operación. Esta consistió en fraccionar físicamente la harina integral del amaranto pasándola por 4 mallas y pesando lo retenido en 18, 20, 30, y 40 mesh y la cantidad que pasaba 40 mesh. El agitador eléctrico con las mallas se operó por 15 minutos por lote de 125 g para un total de 500 g de harina. Cada porción fue pesada, envasada y almacenada a 5-8°C hasta la siguiente fase que fue la extracción y fraccionamiento de la proteína.

Todas las muestras fueron molidas nuevamente a 40 mesh para análisis químico y fraccionamiento del nitrógeno. Las muestras fueron analizadas por humedad, grasa y proteína de acuerdo a los métodos de la AOAC (16).

Previo a la extracción y fraccionamiento de la proteína, las muestras fueron primero tratadas con hexano en frío para remover la grasa por un período no menor de 24 horas. Luego se evaporó el solvente y las muestras se almacenaron a 5-8°C. Para la solubilización y fraccionamiento de la proteína, se utilizó básicamente el método de solubilidad de las proteínas de Osborne y Mendel en diferentes solventes secuencialmente en muestras de 1 g de peso repetido 3 veces por cada muestra. Las proteínas solubles en agua y el nitrógeno proteico se obtuvieron en extracciones con 10 ml de agua destilada. Se agitó por una hora y luego se centrifugó por 90 minutos. El sobrenadante se colocó en un balón de 25 ml. El residuo fue extraído dos veces más con 8 ml de agua destilada y los sobrenadantes mezclados y ajustados a 25 ml. El residuo fue utilizado para solubilizar y fraccionar las globulinas con 10, 8 y 8 ml de solución 0.17 M de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (pH7) y se ajustó el volumen a 25 ml. El residuo se utilizó para la extracción de las prolaminas 3 veces con 10, 8 y 8 ml cada vez con 70% de propanol y el volumen se ajustó a 25 ml y finalmente el residuo fue tratado con 10, 8 y 8 ml de una solución de 0.1 M ácido bórico, con 1% (w/v) de dodecil sulfato de sodio y 0.6% de 2 mercapto etanol a un pH de 10 para extraer las glutelinas. El residuo fue luego

secado y analizado por proteína, así como los extractos por el método Kjeldahl de la AOAC (16). Los extractos también fueron analizados por su contenido de proteína por el método de Bradford (17). Los resultados fueron analizados estadísticamente por análisis de varianza.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Durante la molienda el grano se recuperó 95.51% de harina de un peso inicial de 500 g. El fraccionamiento físico de la harina dió los datos de peso de cada fracción que se indican en la Tabla 1.

TABLA 1  
Rendimiento de tamizado de las muestra molidas

Mesh	Rendimiento %
Retenida en # 18	7.97 ± 0.97
Retenida en # 20	34.32 ± 1.19
Retenida en # 30	24.51 ± 0.88
Retenida en # 40	8.69 ± 0.37
Pasó # 40	24.52 ± 1.00

La distribución por peso retenido en 18, 20, 30 y 40 mesh primero aumentó en 20 mesh y luego disminuyó en 30 y 40 mesh. La cantidad que pasó 40 mesh fue del 24.52% del peso tamizado. De acuerdo a los datos de Betschart y col (15) quienes usaron el pulidor Strong Scott, informaron de un rendimiento del 25% de peso original de grano que llamaron germen/cáscara y 75% que lo llamaron perispermo, cifras similares a los del presente estudio. Sin embargo, Konishi y col (10) reportaron valores de 35% de germen y 65% de perispermo.

De acuerdo a los datos de fraccionamiento físico del presente estudio, se puede sugerir que la fracción que pasó 40 mesh con un rendimiento de 24.52% es equivalente a la fracción cáscara/germen de Bestchart y col (15), aunque no es muy seguro sugerir que las cantidades retenidas en 18, 20, 30 y 40 mesh correspondan al perispermo de Bestchart y col (15). Sánchez-Marroquin y col (18,19) usando un pulidor Strong Scott y fraccionamiento por tamices de 30 y 60 mesh informaron valores de 75.8% de perispermo y 22% de cáscara/germen. La suma de las fracciones físicas de 18, 20, 30 y 40 mesh del estudio suman 75.5% del peso original de harina, que podría ser el perispermo. Sin embargo fotografías de las fracciones mostraron que sólo las fracciones físicas retenidas en 30 y 40 no mostraban adherido en forma obvia el germen. La suma de estas dos fracciones fue del 33%.

Con el fin de poder disponer de una mejor caracterización de las fracciones, estas se sometieron a un análisis químico de humedad, grasa y proteína. La Tabla 2 resume los datos.

TABLA 2  
Contenido de humedad, grasa y proteína en fracciones de tamizado de *A. cruentus*

Muestra	Humedad %	Grasa %	Proteína %	Proteína* %
Grano	11.59 ± 1.08	7.53 ± 0.22	15.78 ± 0.06	18.13 ± 0.20
Retenida en # 18	11.59 ± 0.18	5.19 ± 0.02	12.04 ± 0.07	10.66 ± 0.16
Retenida en # 20	11.80 ± 0.11	4.29 ± 0.01	10.51 ± 0.08	
Retenida en # 30	11.70 ± 0.12	2.34 ± 0.08	9.05 ± 0.08	9.52 ± 0.10
Retenida en # 40	10.94 ± 0.07	6.40 ± 0.12	15.01 ± 0.14	15.56 ± 0.03
Pasó # 40	9.48 ± 0.27	16.18 ± 0.52	26.46 ± 0.07	30.45 ± 0.11

Harina desgrasada - Se unieron las fracciones retenidas en 18 y 20 mesh.

La humedad varió de 9.48 ± 0.27% en la fracción que pasó 40 mesh a 11.80 ± 0.4% en la fracción retenida en 20 mesh. No se encontró diferencias estadísticamente significativas entre repeticiones, pero sí entre fracciones a un p. de 0.05. Con respecto al contenido de lípidos totales, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre repeticiones pero sí entre fracciones. La fracción que pasó 40 mesh contenía entre 2 a 7 veces más lípidos que las fracciones retenidas en 18, 20, 30 y 40 mesh. Se conoce que el germen de los cereales es rico en contenido de aceite, lo que confirma que esta fracción (que pasó el tamiz de 40 mesh) es el germen/cáscara del grano de amaranto. La fracción retenida en 40 mesh es entre las fracciones de 18, 20 y 30 la de mayor contenido de lípidos, lo que sugiere que contiene alguna cantidad de germen. Referente al contenido de proteína, hubo diferencias estadísticamente significativas entre fracciones aunque no entre repeticiones.

La fracción física que pasó 40 mesh fue la que contenía la mayor cantidad de proteína, mientras que la fracción retenida en 30 mesh fue la que contenía la menor cantidad. Estos datos se interpretaron en el sentido que la fracción retenida en 30 mesh era el perispermo, fracción rica en almidón y la fracción que pasó 40 mesh, el germen que de nuevo contiene más proteína que el endospermo en granos, en particular cereales. Las muestras se observaron por estereoscopia tomando fotografías de cada fracción. El anillo en el grano que es el germen de acuerdo a Irving y col (20) estaba visualmente ausente en la muestra retenida en 30 mesh en la que se observaba el perispermo, mientras que en la fracción retenida en 40 mesh se veían porciones de una estructura amorfa y más en la fracción que pasó 40 mesh. La fracción amorfa era probablemente el germen.

La extracción y el fraccionamiento de la proteína se llevó a cabo en muestras desgrasadas con hexano. Como se

esperaba el contenido de proteína aumentó tanto en el grano entero como en las fracciones físicas de la molienda en muestras sin lípidos (Tabla 2).

Los resultados de la extracción y fraccionamiento de las diferentes proteínas y fracciones, establecido por análisis de proteína por Kjeldahl se detallan en la Tabla 3.

TABLA 3  
Distribución proteínica en las fracciones físicas de la molienda del grano de amaranto (%)\*

Muestras	Soluble en agua	Globulina	Prolamina	Glutelina	Residuo	Total
Grano	34.10 ± 0.64	21.64 ± 0.16	4.14 ± 0.06	25.85 ± 0.13	4.34 ± 0.09	89.41 ± 2.02
Retenida en #18/20	26.62 ± 0.26	26.24 ± 0.05	3.46 ± 0.17	27.89 ± 0.84	0.70 ± 0.05	84.91 ± 1.25
Retenida en # 30	22.76 ± 0.04	19.59 ± 0.12	5.82 ± 0.07	22.49 ± 0.24	0.45 ± 0.02	71.13 ± 0.35
Retenida en # 40	23.50 ± 0.22	15.64 ± 0.22	4.45 ± 0.09	24.96 ± 0.12	13.81 ± 0.08	82.35 ± 0.17
Pasó # 40	28.93 ± 0.73	26.25 ± 0.03	6.23 ± 0.08	31.17 ± 0.19	4.57 ± 0.08	97.15 ± 0.82

\* Método Kjeldahl

El análisis de varianza no encontró diferencias estadísticas significativas entre repeticiones pero si encontró diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre fracciones proteínicas y residuo entre fracciones físicas o harinas. La comparación que interesa es la distribución de proteína en la fracción retenida en 30 mesh (supuestamente perispermo) con lo que pasó el mesh 40 (supuestamente germen). Esta comparación muestra que la fracción física germen contiene mayor cantidad de proteína soluble en agua, globulina, prolamina y glutelina que la fracción física perispermo. Es de interés indicar que el total extraído y recuperado fue del 71.1% para la fracción retenida en 30 mesh, el perispermo y 97.1% para el germen lo cual puede explicar la diferencia. Si se asume una recuperación igual para las dos fracciones físicas la distribución proteínica entre perispermo y germen es similar.

Bestchart y col (15) informaron que el puntaje químico en aminoácidos de la fracción física perispermo era ligeramente superior al puntaje químico del germen, sin embargo el PER fue mejor para la proteína del germen que para la proteína del perispermo. Lo cual fue atribuido a una baja biodisponibilidad de los aminoácidos del perispermo.

Esto último podría estar también asociado a la baja solubilidad o reducida extracción de las proteínas del perispermo de acuerdo a los resultados presentados.

La distribución de las proteínas entre las diferentes fracciones físicas medida por el método de Bradford, dió un patrón similar al utilizar el método micro Kjeldahl, aunque en bases absolutas los valores más bajos, lo cual se evidencian en la cantidad total recuperada que fue menor que al usar el Kjeldahl (Tabla 4).

TABLA 4  
Distribución proteínica en las fracciones físicas de la molienda del grano de amaranto (%)\*

Muestras	Soluble en agua	Globulina	Prolamina	Glutelina	Residuo	Total
Grano	28.55 ± 0.21	19.44 ± 0.09	0.59 ± 0.01	24.71 ± 0.09	4.34 ± 0.07	77.63 ± 0.25
Retenida en #18/20	24.49 ± 0.19	21.52 ± 0.26	0.52 ± 0.01	20.01 ± 0.21	0.70 ± 0.05	67.24 ± 0.20
Retenida en # 30	17.33 ± 0.28	12.50 ± 0.30	0.85 ± 0.03	16.27 ± 0.07	0.45 ± 0.02	47.40 ± 0.11
Retenida en # 40	15.71 ± 0.20	13.64 ± 0.16	0.73 ± 0.02	21.52 ± 0.21	13.81 ± 0.08	65.41 ± 0.33
Pasó # 40	20.19 ± 0.12	24.51 ± 0.22	0.95 ± 0.03	28.63 ± 0.11	4.57 ± 0.08	78.57 ± 0.27

\* Método Bradford

Es de interés mencionar que la recuperación de la fracción retenida en mesh 30 fue baja para los dos métodos de evaluación de la proteína. Aunque podría ser una interferencia por el hexano como fue sugerido por Segura-Nieto y col (8), también puede ser debido a la estructura del perispermo que se caracteriza por un alto contenido de almidón en células pequeñas y compactas protegiendo de esa manera las estructuras proteínicas.

Evaluaciones biológicas en amaranto han mostrado que la calidad nutritiva de su proteína se muestra cuando el grano es procesado (21). No ha habido explicación confirmada. Se ha indicado que es debido a presencia de inhibidores, pero también podría ser biodisponibilidad limitada en grano crudo debido al gránulo compacto del almidón.

Con el fin de tener una mejor comparación entre la distribución de las proteínas en el grano entero, en el

«perispermo» y el «germen» por los dos métodos de análisis de proteína, se calculó la cantidad de cada fracción en base al total soluble. Como se puede observar en la Tabla 5 la distribución del contenido de las proteínas solubles en agua, de globulinas y glutelinas en las 3 muestras físicas fueron similares usando el método de Bradford en comparación con el Kjeldahl no así en prolaminas.

TABLA 5  
Distribución proteínica en el grano, «perispermo» y «germen» de *A. cruentus* de acuerdo con el método de análisis de proteína (% del total solubilizado)

Muestra	Soluble en agua	Globulina	Prolamina	Glutelina	Alb + Glo / Glu
		Bradford			
Grano	39.07	26.30	0.83	33.80	1.9 / 1
Perispermo	37.11	26.20	1.75	34.94	1.8 / 1
Germen	27.33	33.05	1.28	38.34	1.6 / 1
		Kjeldahl			
Grano	39.24	25.08	4.82	30.23	2.1 / 1
Perispermo	32.54	28.11	8.28	31.02	1.9 / 1
Germen	30.71	28.57	6.79	33.93	1.7 / 1

Los datos del estudio concuerdan con los de Gorinstein y col (12) quienes indicaron que las prolaminas representan el 1% de las proteínas del grano de amaranto.

Los resultados de esta investigación indican que no existen grandes diferencias en la distribución de proteínas entre la fracción morfológica perispermo y germen lo cual es la razón de la similitud de los patrones de aminoácidos en las dos fracciones físicas como fuera indicado por Bestchart y col. (15). La distribución de proteínas en el perispermo del grano de *A. cruentus* es muy diferente a que lo que se ha informado para los cereales, en los cuales las prolaminas son las proteínas más abundantes en la proteína del endospermo. La distribución de las proteínas del germen de los cereales es sin embargo, similar a las del germen del amaranto.

## REFERENCIAS

- Saunders R & R Becker. Amaranthus: A potential feed resource. *Ad Cereal Sci & Tech.* 1984;6:357-396.
- Singhal R and P Kulkarni. Review: Amaranthus - under utilized resource. *J Food Sci & Tech.* 1988;23:125-139.
- Amaranth. *Biology, Chemistry and Technology.* Ed. O. Paredes - López CRC Press, Inc. Boca Ratón, Florida USA. 1994;223 p.
- Bressani R. The proteins of grain Amaranth. *Food Revs Int.* 1989;5:13-38.
- Singhal R & P Kulkarui. Composition of the seeds of some Amaranthus species. *J Sci Food Agric.* 1988;42:325-331.
- Bressani R, A Sánchez - Marroquín & E Morales. Chemical composition of grain Amaranth cultivars and effects of processing on their nutritional quality. *Food Revs Intal.* 1992;1:23-49.
- Bressani R and L García Vela. Protein fractions in Amaranth grain and their chemical characterization. *J Agr & Food Chem.* 1990;5:1205-1209.
- Soriano-Santos J, S Wiwabuchi, and K Fujimoto. Solubility of Amaranth seed proteins in sodium sulphate and sodium chloride. The main factor in quantitative extraction for analysis. *J Food Sci & Tech.* 1992;27:337-346.
- Segura-Nieto M, N Vasquez-Sánchez and R Rubio Velásquez. Characterization of Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L) seed proteins. *J Agric & Food Chem.* 1992;9:1553-1558.
- Konishi Y, Y Fumita & K Ikeda. Isolation and characterization of globulin from seeds of *Amaranthus hypochondriacus* L *Biol Chem.* 1985;5:1453-1459.
- Duarte - Correa A & R Carrison. Amino acid composition of some Amaranthus sp. grain proteins and of its fractions. *Arch Latino Amer Nutr.* 1986;3:466-476.
- Gorinstein S and R Nioshe. Evaluation of flour Amaranthus species through protein electrophoretic patterns and their amino acid composition. *J Agr & Food Chem.* 1991;5:851-854.
- Barba de la Rosa A, O Paredes - López O. Gueguen. Fractionation produces, electrophoretic characterization, and amino acid composition of Amaranth seed proteins. *J Ag & Food Chem.* 1992;6:931-936.
- Barba de la Rosa A, O Paredes - López, O Gueguen. Fractionation produces, characterization of Amaranth globulins by ultracentrifugation and chromatographic techniques. *J Ag & Food Chem.* 1992;6:937-940.
- Bestchart A, D Irving & Allen D. Shepherd. And R. M. Saunders. Amaranthus cruentus: milling characteristics, distribution of nutrients within seed components and the effects of temperature on nutritional quality. *J Food Sci.* 1981;46:1181-1187.
- AOAC 1984. Official Methods on Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 12ed. Association of Official Analytical Chemistry Inc. 1141 p.
- Bradford M. A rapid and substitute method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principal of protein dye binding. *Anal Biochem.* 1976;12:248-254.
- Sánchez-Marroquín A, S Maya and MV Domingo. Effect of heat treatment and milling on the seed flour, rheological and protein quality of some Amaranth ecotypes. *Arch Latino Amer Nutr.* 1985;35:603-619.
- Sánchez-Marroquín A, S Maya and MV Domingo. Milling Procedures and air classification of Amaranth flours. *Arch Latino Amer Nutr.* 1985;35:620-630.
- Irving D, A Bestchart & R Saunders. Morphological studies on Amaranthus cruentus. *J Food Sci.* 1981; 4:1170-1174.
- Bressani R, JM González, LG Elías & M Melgar. Effect of fertilizer application on the yield, protein and fat content, and protein quality of raw and cooked grain of three Amaranth species. *Plant Foods Hum Nut.* 1987;37:59-57.

Recibido: 29-08-2001

Aceptado: 04-03-2002