

INVESTIGACIONES RECIENTES SOBRE AMARANTO

Coordinadora: Teresa Reyna Trujillo



instituto de geografía
mexico, 1988

Portada:

“Carta de la Nueva Francia y de Lousiana nuevamente descubierta”. (Fragmento).

Louis Hennepin, 1683

Contraportada:

“Las cinco regiones del Universo”

Códice Fejérváry-Mayer.

INVESTIGACIONES RECIENTES SOBRE AMARANTO

INSTITUTO DE GEOGRAFIA

INVESTIGACIONES RECIENTES SOBRE AMARANTO

Coordinadora: Teresa Reyna Trujillo

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
MEXICO, D. F.
1988

Primera edición: 1988

D. R. ©Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria - 04510 México, D. F.
Dirección General de Publicaciones
Instituto de Geografía
ISBN 968-837-420-2
Impreso y hecho en México

I N D I C E

	Página
PRESENTACION	9
PREAMBULO	10
EXPERIENCIAS E INQUIETUDES SOBRE AMARANTO Guadalupe Suárez Ramos.	11
REGIONALIZACION POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE AMARANTO EN GUANAJUATO, MEXICO Teresa Reyna Trujillo y Margarita A. Flores E.	17
LAS PROTEINAS DEL GRANO DE AMARANTO Ricardo Bressani	23
EL AMARANTO COMO QUELITE: COMPARACION DE ESTRATEGIAS DE DOMESTICACION Cristina Mapes, Estela Sandoval, Silvia Bardales y Robert Bye.	45
EL AMARANTO COMO ALIMENTO PARA ANIMALES Juan Manuel Cervantes Sánchez	55
OBJETIVOS ECONOMICOS DE LA PRODUCCION DE AMARANTO Alfredo Sánchez-Marroquín.	61
POTENCIAL DE REVENTADO Y CALIDAD PROTEINICA DEL AMARANTO. M. Griceida Vázquez Carrillo, Eduardo Espitia Rangel y Alma Rosa Márquez Sánchez.	79
PROCESAMIENTO DE AMARANTO EN UN LECHO FLUIDIZADO Edmundo Brito de la Fuente y Raúl Tovar Gálvez	87

DESARROLLO DE UN ALIMENTO TIPO PURE, PARA INFANTES, CON BASE EN AMARANTO	93
Martha Lazcano, S., Josefina Morales L. y Norma Rico N.	
DESARROLLO DE UNA BARRA TROQUELADA PARA NIÑOS, CON BASE EN AMARANTO	97
Norma Rico N., Josefina Morales L. y Rosario Doria U.	

Preparó la edición: Dra. Teresa Reyna Trujillo.
Asesor editorial: Dr. Héctor Ochoterena F.

PRESENTACIÓN

El Instituto de Geografía, siempre atento a patrocinar actos relativos con su ámbito de trabajo, propició la celebración del ciclo de conferencias titulado "Investigaciones recientes sobre amaranto", que ha culminado con la publicación de las intervenciones de destacados especialistas.

Uno de los grandes intereses de las autoridades de la Universidad Nacional Autónoma de México es el de colaborar en el desarrollo científico del país, especialmente cuando las investigaciones se relacionan con estudios que tienden a mejorar la alimentación del pueblo de México, como es el caso de éstas comunicaciones que tratan de impulsar y mejorar el cultivo de amaranto, semilla mexicana de gran poder alimenticio y múltiples posibilidades industriales.

Esta información tiende a difundir el conocimiento del amaranto, planta que puede llegar a ser muy importante para el futuro alimentario de México.

En nombre del Instituto de Geografía queremos hacer patente nuestro agradecimiento a los autores que permitieron dar a conocer sus trabajos presentados en el ciclo de conferencias celebradas en la Universidad Nacional Autónoma de México en noviembre de 1987.

Nuestro especial reconocimiento al Instituto de Desarrollo Estatal para la Acción Social de Querétaro, por habernos permitido publicar los artículos de los doctores Ricardo Bressani y Alfredo Sánchez Marroquín; a la Dra. Teresa Reyna Trujillo quien, con su esfuerzo y entusiasmo hizo posible esta impresión.

Finalmente, nuestro agradecimiento al Lic. Salomón Díaz Alfaro quien, a través de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, colaboró en la edición de este libro.

Dra. María Teresa Gutiérrez de MacGregor.
Directora del Instituto de Geografía

PREAMBULO

De todos es conocido el hecho de que en los últimos años, mundialmente, el problema de la alimentación se ha agravado de manera notable, tanto como las secuelas físicas y psíquicas que ha sufrido la población, como resultado de la carencia y el deterioro en los hábitos alimentarios; así, lo mismo se habla de hambruna o hasta de hambre en Etiopía que en Haití, la India o Bolivia, sólo por mencionar algunas latitudes, en donde el problema adquiere características verdaderamente dramáticas.

Nuestro país no ha escapado a esta situación, así que la problemática alimentaria se ha tornado en prioritaria, tratándose de obtener o redescubrir elementos que enriquezcan la dieta de la cada vez más creciente población.

Es así como el cultivo del amaranto y su aprovechamiento, después de haber sido olvidado casi 400 años, ha resurgido, y ahora en varios estados de la República se está produciendo, aunque todavía en superficies muy pequeñas y, por tanto, con producciones deficientes, toda vez que la demanda que crece día con día, rebasa la oferta.

Varios investigadores y técnicos han iniciado proyectos de investigación, serios y profundos, sobre este cultivo que puede ser, en el futuro, una opción en la productividad de áreas tanto de temporal como de riego.

El alto valor nutricional del amaranto, en la dieta humana y animal, lo ubican como un elemento promisorio para mejorar la deteriorada dieta del mexicano, y observamos con beneplácito que, de 1984 a la fecha, teniendo como objetivo de estudio a dicho vegetal, nos hemos reunido en cuatro diferentes ocasiones, primero en la Universidad Autónoma de Chapingo, luego en Tlaxcala, después en Querétaro y ahora en la Universidad Nacional Autónoma de México, para seguir analizando su historia, la importancia que ha tenido desde la época prehispánica, su enorme adaptación a medios ecológicos muy contrastantes, su gran valor nutritivo, su alta potencialidad agroindustrial, en fin, sus bondades que pueden traducirse en una mejor y más variada alimentación.

Con "alegría", veamos mejor el futuro, sigámonos estudiando e investigando en torno a tan importante cultivo. De manera interdisciplinaria llegaremos a mayores conocimientos y mejores resultados sobre tan promisorio elemento.

Dra. Teresa Reyna Trujillo.

EXPERIENCIAS E INQUIETUDES SOBRE AMARANTO.

Guadalupe Suárez Ramos*

La escuela de Agronomía del Campus Querétaro inició una línea de investigación sobre el amaranto en el estado, en 1982, con el objetivo de lograr la utilización integral del amaranto, cultivo que ocupó el tercer lugar en importancia, después del maíz y frijol, durante la civilización azteca.

El amaranto presenta un buen aspecto de proteína rica en lisina y triptofano, que es muy similar a la proteína ideal propuesta por la FAO.

Durante estos años hemos encontrado en la literatura, y en algunos casos en la práctica, ventajas muy importantes del cultivo que se podrían resumir brevemente en:

1. Planta mexicana. Es considerada como una de las plantas que México aportó al mundo (Cruces, 1986).

El amaranto fue conocido antes de la llegada de los españoles con el nombre náhuatl de Huautli y ocupó un lugar primordial dentro de la vida de los pobladores del imperio azteca y de otros pueblos. Al parecer, fue debido a su importante papel dentro de las festividades pagano-religiosas, que fue perseguido y su cultivo casi extinguido por los conquistadores españoles (Sauer, 1960; Velasco y Heyden, 1986).

En esas épocas era común que se hicieran con Huautli figuras de diferentes dioses; así, por ejemplo, "La figura de Huitzilopochtli se hacía para las fiestas de Panquetzalitzli y Tlacaxipehualitzli, la del dios del fuego, durante Xócotl, Huetzi, Tláloc y los Tepitocton, dioses acuáticos de las montañas, por lo que se les modelaba en forma de cerros con cabeza, y se les figuraban los dientes con pepitas de calabaza y los ojos con frijoles llamados ayocotli" (Velasco y Heyden, 1986).

La planta de amaranto también es conocida con el nombre de ALGRIA, nombre que se dio en el siglo XVI al dulce que se elabora con la semilla reventada; después el nombre se le adjudicó a la planta que produce esta semilla. Al parecer, fue a fray Martín de Valencia (1473-1534) al que se le ocurrió mezclar con miel la semilla reventada, y uno a uno de los indígenas se las dio a probar, y, según relatos de la época, les pareció tan sabroso el dulce que empezaron a bailar y cantar de alegría, y de ahí surgió, al parecer, el nombre (Santín, 1986).

* Profesora e investigadora del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Campus Querétaro.

2. Temporalera. Es un cultivo que ha llegado hasta nuestros días debido a que se siguió sembrando en zonas temporaleras. Tulyehualco, en el D.F., es un ejemplo de esto, realizándose el cultivo mediante trasplante de almácigo a campo (Xolapa, 1986).

3. Metabolismo C₄. Es una planta altamente eficiente en sus patrones fotosintéticos, presentando todas las ventajas de una planta C₄.

4. Rica en proteínas y lisina. El contenido de proteína en la semilla, en promedio, es de 16%, compitiendo favorablemente con arroz (7%), maíz, trigo, cebada (10%), avena (12%) y centeno (13%). Además, la proteína de la semilla de amaranto presenta casi el doble del contenido de lisina que la proteína del trigo y el triple de la del maíz, siendo comparable a la leche (NRC, 1984).

Las hojas de amaranto también son de alto valor nutritivo (NRC, 1984).

5. Uso integral. Es una planta maravillosa, ya que se puede aprovechar todo, como se aprecia en el cuadro No. 1

CUADRO NO. 1

USO INTEGRAL DEL AMARANTO

SEMILLA -----	germinados, cereal, harina (enriquece: tortillas, pan, pastas, pasteles, etc.), pinole, alegrías, etc.
PLANTA TIERNA -----	hortaliza de hoja.
PLANTA VERDE -----	forraje (silo).
PAJA -----	esquilmos.
PLANTA ROJA -----	ornato y tintes naturales.

Los resultados obtenidos en el ITESM-CQ, en algunos estudios de fitotecnia y zootecnia, son muy alentadores (Suárez y Cervantes, 1986, Castañeda et al, 1986, Avila et al, 1986, y Wolfgang, 1987).

Pero también se está consciente de que existen algunas desventajas (siempre superables) tales como:

1. Maduración y dehiscencia. Debido al tipo de inflorescencia indeterminada que presenta el amaranto, la maduración del grano no es uniforme y sus frutos (utrículos) se abren cuando madura la semilla.

2. Acame. Muchos materiales de amaranto son muy altos (hasta 2 o 3 m) y la panoja cargada de semilla hace que la planta se acame.

3. Herbidas. En un cultivo de amaranto se encuentran diferentes hierbas que compiten con él, sobre todo "quelites". Hasta el momento se desconoce un herbicida que controle a los "quelites" (amarantos silvestres) y no dañe a los amarantos cultivados.

4. Cosecha. En el cultivo tradicional se hace a mano, siendo un tanto molesta y urticante la labor.

5. Precio. No existe un precio fijo, y la gente del pueblo que tiene la fortuna de conseguir semilla la compra muy cara; por otro lado, algunos productores opinan que, "En Tulyehualco resulta caro el cultivo por el trabajo que se invierte en almácigos, transporte de planta, etc., ya que no recuperamos ni el costo de los barbechos" (Xolalpa, 1986).

De todo lo anterior surgen diversas inquietudes sobre investigación, en las cuales debemos continuar trabajando o, bien, iniciar su estudio. Tocaré tan sólo tres aspectos, aunque existen más que seguramente comentarán otros conferencistas.

A. Aspectos botánicos. Al parecer se ha trabajado mucho la semilla desde el punto de vista químico e industrial, pero son pocos los investigadores en México (cuna del amaranto) y algunos más del extranjero los que han hecho o están haciendo investigación de nuestros amarantos (diferentes especies) en los aspectos etnobotánicos, taxonómicos, estructurales, fisiológicos y ecológicos. Estos conocimientos son fundamentales y debemos conocer los aspectos botánicos de la planta con la que estamos trabajando (Suárez, 1986).

B. Aspectos agronómicos. Durante el Primer Seminario Nacional del Amaranto, realizado en Chapingo, México, en 1984, y en el Coloquio Nacional de Amaranto, efectuado en Querétaro, Qro. en agosto de 1987, pudimos darnos cuenta de que se está avanzando gradualmente, aunque se necesita continuar con labor de campo en los aspectos: genéticos, siembra, maquinaria, control de hierbas, suelo-clima, plaga y enfermedades.

C. Aspectos de comercialización. Estoy completamente de acuerdo con Espitia (1986) quien señala: "La mayoría de los agricultores utilizan una parte de la cosecha para la elaboración de dulces, los cuales venden en ferias y días festivos en las poblaciones cercanas y algunos de ellos van hasta el Distrito Federal; la otra parte de la cosecha la venden a personas que acaparan gran parte de la producción; son éstos quienes fijan los precios en la semilla. Cuando un agricultor no quiere vender su cosecha a estas personas, le es muy difícil venderla ya sea porque no existe mercado o porque no cuenta con los medios de transporte para llevar su familia a otros lugares."

Asimismo, apoyo la opinión de Alejandre y Gómez (1986) cuando dicen que, "Los investigadores no saben el costo que representaría cultivar y procesar el amaranto, cuya pequeña semilla quizás requiera maquinaria especializada, ni el precio con el que deberá competir en el mercado. A menos que estos factores sean favorables, el amaranto no tiene posibilidades de

ser una cosecha importante".

Por lo anterior, es importante iniciar o continuar con estudios en los aspectos de costos de producción, mercado y difusión.

Y, por supuesto, debemos trabajar coordinados y de manera multidisciplinaria para volver a colocar el amaranto en el sitio que le corresponde por herencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alejandre, I.G. y Gómez, L.F. 1986. Cultivo del amaranto en México Chapingo, México. UACH. 245 p.
- Avila, F.I., Suárez, R.G. y Calderón, M. de C.I. 1987. Estudio comparativo de oxalatos y nitratos en seis genotipos de amarantos (A. hypochondriacus L.) en Pedro Escobedo, Qro. En: Memoria del Coloquio Nacional del Amaranto. Querétaro, Qro. IDEAS. p. 193-203.
- Castañeda, C.L., Suárez, R.G. y Valadez, L.A. 1987. Evaluación del Amaranto (A. hypochondriacus L.) como hortaliza en comparación con la espinaca (Spinacea oleraceae) cv. Viroflay. En: Memoria del Coloquio Nacional del Amaranto. Querétaro, Qro. IDEAS. p. 150-161.
- Cruces, C.R. 1986. Lo que México aportó al mundo. Ed. Panorama. México. 139 p.
- Espitia, R.E. 1986. Situación actual y problemática del cultivo del amaranto en México. En: Memoria del Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. p. 101-109.
- N.R.C. 1984. Amaranth modern prospects for an ancient crop. Washington, D.C. National Academy Press. 80 p.
- Santín, H.C. 1986. Pasado, presente y futuro del amaranto. Cuadernos de nutrición. Documentos. 4. Núm. 1. p. 18-32.
- Sauer, J.D. 1950. The grain amaranths: a survey of their history and classification. Annals of the Missouri Botanical Garden. 37: p. 561-632.
- Suárez, R.G. 1986. Importancia de los estudios morfológicos, anatómicos, fisiológicos del amaranto. En: Memoria del Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. p. 175-178.

- Suárez, R.G. y Cervantes, S.J.M. 1987. Estudio morfológico y evaluación rendimiento del *A. cruentus* bajo condiciones de riego y temporal en Querétaro. En: Memoria del Coloquio Nacional del Amaranto. Querétaro, Qro. IDEAS. p. 2-10.
- Velasco, L.A.M.L. y Heyden, D. 1986. El uso y la representación del amaranto en la época prehispánica según las fuentes históricas y pictóricas. En: Memoria del Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, Méx. p. 8-22.
- Wolfgang, M.W.K. 1987. Estudio comparativo de las pajas de trigo, sorgo amaranto. Tesis IAP. ITESM-C. Querétaro, Qro. 53 p.
- Xolalpa, V.F.J. 1986. Práctica regional del cultivo del amaranto, en Tulyehualco, Xochimilco, D.F. En: Memoria del Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. p. 118-124 p.

REGIONALIZACION POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE AMARANTO EN GUANAJUATO, MEXICO.

Teresa Reyna Trujillo*
Margarita A. Flores E.*

INTRODUCCION.

El amaranto, por sus bondades nutricionales y por su adaptación a condiciones geográficas diversas, además de su aparente resistencia a situaciones adversas (sequía y otros siniestros climáticos) Aguilar y Alatorre (1978), Sánchez Marroquín (1980), Cavagnaro (1985) y Reyna (1986), puede ser una alternativa para mejorar la producción, generalmente baja, de las zonas temporeras de nuestro país destinadas al cultivo de maíz y frijol.

El incrementar y fomentar el cultivo del amaranto requiere de estudios específicos, entre ellos los agroecológicos. Con anterioridad, Reyna y Granados (1987) realizaron una investigación, relativa al estado de Querétaro, en la que se profundizó en estos aspectos. En otras entidades, como en Guanajuato, por ejemplo, sólo se habían determinado de manera preliminar y exclusivamente desde el punto de vista climático, las zonas que podrían utilizarse para su cultivo Reyna y Flores (1987); sin embargo, fue indispensable considerar otros aspectos ambientales, como el relieve y el suelo que, junto con el clima, definirían aún mejor las áreas potencialmente útiles para el desarrollo de dicho vegetal, así como las regiones que por sus condiciones geográficas representan un riesgo para el cultivo en la entidad, aunque dicho peligro pudiera verse parcialmente subsanado con infraestructura y tecnología.

En los estudios que se han desarrollado, especialmente en éste, se propone el amaranto como un cultivo que beneficie al campesino temporalero, al incrementar la productividad de sus terrenos, sin que esto implique un gasto oneroso en su ya de por sí deteriorada economía.

La regionalización basada en variables de índole puramente natural no excluye, de ninguna manera, las de tipo socioeconómico que, necesariamente, se generan al ofrecer un cambio en los patrones de cultivos tradicionales.

En síntesis, el objetivo de la presente investigación fue definir con mayor detalle y mediante el análisis de tres variables interactuantes: relieve, clima y suelo, las áreas óptimas para el cultivo del amaranto.

METODOLOGIA.

Se analizó la información generada por SPP (1980) y con ella se

* Instituto de Geografía, UNAM.

cartografiaron las principales formas del relieve y las unidades de suelos; asimismo, se reutilizó el mapa climático en el que se había detectado a la zona norte del estado como apta para el cultivo del amaranto Reyna y Flores (1987), y, posteriormente, se siguieron los criterios utilizados por Reyna y Granados (1987) para delimitar las áreas potenciales en el estado de Querétaro, y así se elaboró el mapa final en el que se ponen de manifiesto las zonas óptimas de Guanajuato para el cultivo del amaranto y se señalan, también, los factores que en otras áreas limitan su cultivo.

GENERALIDADES.

Originalmente, dentro de la que fisiográficamente se conoce como Provincia Mesa Central, se consideró que la zona norte era donde se podría introducir el amaranto; sin embargo, al analizar en conjunto varios parámetros físicos, esta tan amplia zona se redujo considerablemente, observándose, en principio, que hay un marcado desequilibrio regional entre ésta y la parte sur del estado a la que se conoce como Bajío Guanajuatense que sigue teniendo prioridad porque es donde existen las mejores condiciones físicas para el desarrollo de una agricultura comercial altamente tecnificada, en tanto que en la zona norte hay serias limitantes físicas y, por lo mismo, la agricultura ha quedado en manos de campesinos temporaleros que tienen, año con año, pérdidas o muy bajos rendimientos en sus cosechas de maíz y frijol.

En general, la topografía en la provincia Mesa Central es complicada, predominando serranías con altitudes superiores a 2 000 msnm que en muchos casos tienen pendientes mayores de 35%, característica que las excluye inmediatamente de cualesquier práctica agrícola; lomeríos, mesetas, valles y llanuras formadas por rocas de diversos orígenes, entre ellas: volcánicas, metamórficas, sedimentarias y aun aluviales que dan lugar a suelos muy heterogéneos que comparten similitudes tales como poco desarrollo, gran pedregosidad y poca profundidad, excepto los de las llanuras, donde alcanzan más de 60 cms de profundidad, son fértiles y pueden tener mejor uso agrícola.

Dentro de esta provincia se localizan dos subprovincias: la de los Llanos de Ojuelos y la de las Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato, además de dos discontinuidades fisiográficas que son: la de la Sierra de la Cuatralba y la de los Valles Paralelos del Suroeste de la Sierra de Guanajuato SPP (1980). Tanto en las subprovincias como en las discontinuidades existen colectas de amarantos silvestres que ponen de manifiesto su adaptación a las condiciones físicas que ahí prevalecen.

RESULTADOS.

En el mapa se localizaron cuatro pequeñas zonas que podrían ser las más adecuadas para el cultivo de la planta que nos ocupa; ellas son:

Hacia el noroeste y este de la provincia tres áreas que ocupan gran parte de llanuras y mesetas con pendientes de 0 a 6%, que no representan ningún problema para la agricultura, ubicadas en los municipios de Ocampo y de San Felipe, así como en pequeñas porciones de los Valles Paralelos del Suroeste de la Sierra de Guanajuato, hacia el sur de Ibarra, que ocupan sólo el norte de los municipios de León y Guanajuato.

En Ocampo y San Felipe el clima es semiárido templado (con temperatura media anual entre 12 y 18°C) y en menor proporción semiárido semicálido (con valores térmicos entre 16 y 20°C) y con precipitación total anual superior a 400 mm -que los sitúa como de temporal deficiente para el maíz y el frijol Fernández (1986)- cantidades a las que, por sus propias características fisiológicas (planta C₄), tal vez pueda adaptarse el amaranto.

En estas regiones, según SPP (1980), se encuentran principalmente Xerosoles háplicos y Feozems, ambos limitados por una fase dúrica a menos de 50 cms de profundidad, pero que, aun así, tienen cierto grado de fertilidad, son moderadamente susceptibles a la erosión y sostienen ciertas actividades agrícolas.

Al sur de Ibarra se observa un incremento notable en la precipitación (hasta 700 mm totales al año); los suelos -Planosoles, Vertisoles Pélicos y Castañozems- son más fértiles y profundos, y actualmente en ellos se realiza agricultura de riego, y aun cuando se detecta como región apta para el cultivo del amaranto, se considera que, por la vocación agrícola tradicional, el campesino difícilmente aceptaría el cambio en el patrón de cultivos, si no garantiza ganancias a nivel comercial.

La cuarta zona potencial, ubicada en el Centro-este, en lo que propiamente es la subprovincia de los Llanos y Sierras del Norte de Guanajuato, ocupando parte de los municipios de San José de Iturbide y de San Luis de la Paz, así como de las llanuras de Allende y muy poco de las de Dolores Hidalgo. También con climas semiáridos templados y semiáridos semicálidos con precipitaciones entre 400 y 600 mm al año; suelos Feozems háplicos y lúvicos con profundidades de 15 a 40 cms, con textura mediana y cierto grado de fertilidad. En menor proporción algunos Litosoles, Luvisoles y Regosoles que empiezan a mostrar problemas de profundidad.

En orden decreciente, el factor limitante y muy frecuente para el desarrollo del amaranto, en más del 60% de la superficie total de la Mesa Central, fue la presencia de suelos poco desarrollados, tales como algunos Litosoles, Luvisoles, Regosoles, Feozems háplicos, etc., de poca profundidad (menos de 10 cms), con alta susceptibilidad a la erosión y con una fase eminentemente lítica; zonas en donde, por otra parte, se reciben menos de 400 mm de precipitación al año, así que se les consideró como medianamente aptas para el cultivo que nos ocupa.

También se determinaron como limitantes las pendientes superiores a 6% que existen en gran parte de la serranía; lomeríos y mesetas.

CONCLUSIONES.

No se consideró totalmente apta para el cultivo de amaranto la Meseta Central en su conjunto, ya que la presencia de topoformas -sierras en su gran mayoría- con pendientes superiores a 6% limitan el desarrollo de los cultivos y de las labores de labranza en general, así como los suelos poco desarrollados y con alto grado de pedregosidad. De la misma manera, existen grandes áreas con condiciones climáticas que restringen enormemente la actividad agrícola, como la semiaridez o la aridez: en muchas localidades se reciben menos de 400 mm de precipitación al año, lo que hace prácticamente irrealizable la agricultura de temporal.

Se concluye que únicamente son cuatro zonas las potencialmente más aptas para el cultivo de tan preciado pseudocereal, en tanto que el resto de la provincia es medianamente apto.

Se piensa que al introducir el amaranto y las técnicas idóneas para su cultivo se abra la posibilidad de ampliar el patrón actual de cultivos y se permitirá probar su comportamiento, lo que ayudará a alcanzar una mayor diversificación de productos que redunde en la economía del campesino temporalero.

Se insiste en la necesidad de trabajar interdisciplinariamente y de profundizar en los estudios taxonómicos, ya que hasta la actualidad sólo se menciona la presencia de Amaranthus hypochondriacus y se desconoce la presencia de otras especies y variedades agronómicas y, por tanto, también los requerimientos edáfico-climáticos de ellas. Se recomienda diagnosticar en qué medida el campesino estaría dispuesto a substituir el amaranto por el maíz, frijol, chile, calabaza, etc., o, simplemente, aceptaría intercambiarlo con éstos.

Estas reflexiones ofrecen, a futuro, un sinnúmero de investigaciones sobre una de tantas plantas redescubiertas en los últimos tiempos, como complemento de solución a nuestra insuficiente y baja producción de alimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aguilar, J. y G. Alatorre. 1978. Monografía de la planta de alegría. Grupo de Estudios Ambientales, A.C., México. 1(1) 157-203.
- Cavagnaro, J.B. 1985. Effect of water stress on growth and dry matter partitioning in four species of Amaranthus. Thesis M.S. Graduate Division, University of California, 29 p.
- Fernández, G.R. 1986. Situación actual de la agricultura en México. En: Foro: Panorama de la Agricultura Mexicana, Reflexiones, Preguntas, Respuestas. Coord. Teresa Reyna Trujillo. Instituto de Geografía. UNAM. México. 170-188.

- Reyna, T.T. 1986. Requerimientos climáticos para el cultivo del amaranto (Amaranthus spp) en México. En: El amaranto Amaranthus spp (Alegria). Su cultivo y aprovechamiento. Chapingo, México. 81-89.
- Reyna, T.T. y M. Flores E. 1987. Zonas climáticas potencialmente útiles para el cultivo del amaranto (Amaranthus spp) en el estado de Guanajuato. En: Memoria del Coloquio Nacional del Amaranto. Querétaro, Qro. Gobierno del estado de Querétaro, IDEAS. 30-42.
- Reyna, T.T. y R. Granados R. 1987. Estimación climática en Querétaro para la planeación del cultivo del amaranto (Amaranthus spp). En: Memoria del Coloquio Nacional del Amaranto. Querétaro, Qro. Gobierno del Estado de Querétaro, IDEAS. 42-52.
- Sánchez-Marroquín, A. 1980. Potencialidad Agroindustrial del Amaranto. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo (CEEESTEM). México. 239 p.
- SPP. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. 1980. Síntesis Geográfica de Guanajuato. México, D.F. 198 p.

LAS PROTEÍNAS DEL GRANO DE AMARANTO.

Ricardo Bressani*

INTRODUCCION.

Es un hecho bien reconocido que los alimentos proteicos de origen animal son significativamente mejores, nutricionalmente, que los alimentos proteicos de origen vegetal. La diferencia radica fundamentalmente en la digestibilidad de las proteínas, superior en las de origen animal, que también contienen un patrón de aminoácidos esenciales que llenan con mayor facilidad las necesidades del hombre y del animal en sus diferentes estados fisiológicos.

Sin embargo, existen algunas excepciones, como, por ejemplo, la proteína de la soya, la proteína de los maíces de alto valor nutritivo, y de granos no convencionales tales como el de la quinua y el del amaranto. Ha sido cabalmente la calidad proteínica excepcional del amaranto de grano lo que está dando impulso al cultivo de este pseudocereal, cultivo que evidencias históricas señalan formó parte de la dieta de las grandes civilizaciones en América Latina, como fueran la azteca, la maya y la inca.

Aunque se debe reconocer que el éxito del renacimiento del cultivo del amaranto radica en su producción de grano por unidad de área, es necesario, también, reconocer que su potencial alimenticio-nutricional está en la calidad de su proteína. Por consiguiente, en este documento se hará una revisión de lo que se conoce sobre el tema, iniciando con su contenido en el grano de amaranto y sus relaciones con aspectos genéticos y agronómicos, para finalizar con aspectos de procesamiento y utilización en productos alimenticios.

Contenido de proteínas.

Uno de los nutrientes que ha llamado la atención sobre el grano de amaranto es su contenido de proteínas que, en promedio, se encuentra en mayores concentraciones que en los cereales comunes, con la posible excepción de avena descascarada. De acuerdo con los estudios de Betschart y col (1981), quienes usaron técnicas de fraccionamiento anatómico y de molienda, la mayor parte de la proteína en el grano de amaranto se encuentra en el germen y cáscara, como se indica en el Cuadro 1. El endospermo del grano de amaranto contiene 35.0% de la proteína total del grano y la cáscara más el germen el 65%. Esta distribución es muy diferente a la que se encuentra en maíz, sorgo y arroz, en los cuales el germen proporciona entre 12.5 a 18.5% y el endospermo entre 81.5 a 87.5% de la proteína total de los granos. Esta distribución de la proteína es una de las razones que pueden explicar el mayor contenido de proteína del amaranto en comparación con los cereales comunes, ya que la fracción anatómica del germen contiene mayor concentración de la proteína. Asimismo, esta distribución proteínica puede explicar el mayor contenido de lisina y la mejor calidad proteínica del

* Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). Guatemala, Guatemala.

grano de amaranto sobre la de los cereales. "Se considera de importancia amplia el número de datos de la distribución proteínica en el grano de amaranto, estudio que es difícil dado el tamaño tan pequeño del grano".

Datos con respecto al contenido de proteína en el grano de amaranto se presentan en el Cuadro 2 que ofrece información sobre 5 especies de grano de colores crema o grano oscuro. Independientemente de la especie y color, la variabilidad informada va desde 11.1 a 20.6, con un promedio global de 14.7%. En general, se nota que el grano claro contiene cantidades similares al grano oscuro, y que existen diferencias entre especies del mismo color, siendo la especie caudatus la que contiene menor cantidad y cruentus la de mayor concentración, sin tomar los dos análisis informados de A. edulis. Un aspecto que llama la atención es las diferentes concentraciones de proteínas de acuerdo con el país en donde el grano fue cultivado, según se indica en el Cuadro 3. Los valores de contenido proteínico más altos han sido informados de Estados Unidos y Argentina, mientras que los más bajos lo son de Perú y Guatemala. Valores relativamente altos se han informado de México y la India.

No se puede ofrecer una explicación a esta observación, que puede originarse en el ambiente, la fertilidad del suelo, o las prácticas de cultivo, por lo que se considera necesario ampliar los estudios que expliquen dicha observación. Además, sería recomendable que el contenido de proteína fuera no menor del 15%.

Relación entre el contenido de proteína y aspectos agronómicos.

La información sobre los aspectos agronómicos y su efecto sobre el contenido de proteína del grano de amaranto no es muy abundante. Alguna información se presenta en el Cuadro 4, para las correlaciones entre el contenido de proteínas y rendimiento. Esta información fue obtenida de una localidad en, por lo menos, 4 años. De 5 estudios, tres muestran una correlación negativa, siendo significativa en un solo caso. De los 5 estudios, dos muestran una correlación positiva no significativa. En general, para cereales y leguminosas, se ha informado que el contenido de proteína está negativamente asociado al rendimiento. Para amaranto, la información presentada sugiere que algunas especies, en particular A. hypochondriacus, es en la que existe relación negativa, no así en caudatus y cruentus. Sería necesario, entonces, ampliar más esta información, ya que es importante que al seleccionar por mayor rendimiento por unidad de área, no se reduzca el nivel de proteína en el grano.

El Cuadro también muestra datos sobre las correlaciones entre tamaño de grano, peso y contenido de proteína. La situación es similar que para el rendimiento. De 5 estudios, dos fueron correlaciones negativas de las cuales una fue significativa al 5%. Las otras 3 fueron positivas, no significativas estadísticamente. En esta situación, parece ser que la especie cruentus es la que se comportó diferente, o sea que, a mayor tamaño de grano, menor contenido de proteína. Este aspecto, que debe ser estudiado con mayor profundidad, es importante ya que es conveniente aumentar el tamaño del grano del amaranto, principalmente desde el punto de vista de la

cosecha. Sin embargo, esto no debe realizarse a expensas del nivel de proteína, por lo cual un programa de selección por tamaño de grano debe ir acompañado por un monitoreo del contenido de proteína.

Con respecto al efecto de la aplicación de fertilizantes nitrogenados sobre el contenido de proteína, no se han realizado muchos estudios que permitan indicar cuál puede ser el efecto. El Cuadro 5 resume los resultados de un estudio con 3 especies y aplicaciones de diferentes niveles de fertilización: 12-24-12. Sólo una de las dos variedades *A. cruentus* y *A. caudatus* dieron una respuesta mayor hasta una aplicación de 60 Kg/Ha Bressani y col (1987). Los resultados que se han publicado, en los que se ha identificado el tratamiento aplicado a la planta no son concluyentes y, por consiguiente, se considera de importancia realizar estudios en este campo.

Contenido de aminoácidos.

Varios autores han publicado datos sobre el contenido de aminoácidos en diferentes especies del grano de amaranto Becker y col (1981), Betschart y col (1981), Bressani y col (en preparación) Calderón y Bressani (1986), Duarte-Correa y col (1986), García-Vela y Bressani (artículo en preparación) y Pedersen y col (1987). El Cuadro 6 presenta los promedios por especie, según la literatura consultada. Análisis de la información indican que el patrón de aminoácidos es bastante similar entre especies. Uno de los problemas, de acuerdo con esta clase de información, es el hecho de que pueden ocurrir pérdidas en aminoácidos durante el proceso de hidrólisis, en particular en aminoácidos azufrados. Este hecho dificulta establecer diferencias consistentes en el patrón de aminoácidos entre especies y, posiblemente, menos entre variedades de una misma especie. Con el fin de conocer el o los aminoácidos que se encuentran en exceso relativo o deficiencia relativa, se compara el patrón del amaranto con un patrón de referencia que, en el presente caso, es el de FAO/OMS, de 1973. Esta comparación indica que el aminoácido más deficiente es leucina, conclusión a la cual han llegado todos los autores de trabajos de esta naturaleza Becker y col (1981), Betschart y col (1981) y Pedersen y col (1987). Sin embargo, como lo muestra el Cuadro, otros aminoácidos podrían ser limitantes, tales como valina, isoleucina y treonina. Asimismo, los datos indican que la proteína del amaranto de grano es buena fuente de lisina, triptofano y aminoácidos azufrados. En todo caso, el balance de aminoácidos esenciales es significativamente mejor al de otras muchas proteínas de origen vegetal. Por otro lado, es de interés conocer cuál es la relación que existe entre la concentración de proteína y la de sus aminoácidos. Algunas relaciones se presentan en el Cuadro 7 en el que se puede observar que para *caudatus*, en un total de 25 entradas la proteína no está asociada a lisina, leucina, treonina y metionina, cuyas correlaciones fueron positivas o negativas no estadísticamente significativas. Sin embargo, la relación entre proteína y cistina fue significativa estadísticamente y negativa. La falta de correlación entre proteína y los aminoácidos indicados también se hizo evidente en *cruentus* y sólo la especie *hypochondriacus* mostró una correlación negativa estadísticamente significativamente. Tres aspectos pueden ser de interés en el análisis de esta información. Uno es que esta falta de asociación, común en los cereales, que es negativa para muchos de ellos, se deba a que el germen aporta 65% de la proteína del grano y el endospermo

35%, contrario a lo que se encuentra en los cereales. Las proteínas del germen son ricas en lisina, y si existe diferencia es en aminoácidos azufrados. El segundo aspecto es que se debería establecer el patrón de cada fracción anatómica y conocer el patrón de la proteína del endospermo. Con esto se podría, entonces, seleccionar por más proteína en esta fracción si se tuviera un buen balance de aminoácidos esenciales. El tercer aspecto, posiblemente el más importante, es que al seleccionar por contenido de proteína, en un programa fitogenético, no se estaría dañando la calidad de la proteína, con excepción de la especie hypochondriacus. Una recomendación es la de poder ampliar esta información.

Fracciones proteínicas en el grano de amaranto y contenido de aminoácidos.

Pocos estudios se han informado sobre las diferentes fracciones proteínicas que componen la proteína del amaranto Abdi y Sahib (1976), Duarte-Correa y col (1986) y García-Vela y Bressanni (artículo en preparación). Los datos de 3 estudios se resumen en el Cuadro 8. Con excepción de la fracción globulina, la cantidad de albúmina se encuentra entre 49-65%, para unos autores, y entre 19 y 23% para los otros. Las prolaminas solubles en alcohol van de 7 a 11%, en un caso, y de 1.7 a 2.7% en el otro. Finalmente, las glutelinas, o sea las solubles en pH alcalino, van de 7 a 8.5% en un caso, y de 42.5 a 46.5% en el otro. Las diferencias son difíciles de explicar y posiblemente están asociadas al método utilizado para su fraccionamiento. Los datos, además, muestran que usando el mismo método de fraccionamiento no se encuentran grandes diferencias en cantidad de fracciones entre especies. El contenido de aminoácidos en estas fracciones ha sido determinado, y la evidencia indica diferencias entre fracciones proteínicas y entre especies y variedades para una misma fracción. El Cuadro 9 presenta el rango encontrado, por dos autores, para algunos aminoácidos y para las 4 principales fracciones proteínicas. Como se puede observar, la variabilidad es grande tanto entre proteínas como entre autores. Sin embargo, las albúminas son ricas en lisina, la treonina está alta en las albúminas y prolaminas, la leucina está baja en las globulinas, según los resultados de uno de los autores, y la valina se encuentra en baja concentración en las globulinas. Debido a la poca información, a los métodos diferentes de fraccionamiento y a la variabilidad en contenido, es difícil llegar a conclusiones claras, excepto que se considera necesario realizar estudios adicionales, ya que programas de selección genética por mayor contenido de proteína no deberían afectar las fracciones proteicas que son ricas en los aminoácidos esenciales. Como se muestra en el Cuadro 10, el contenido de proteína en el grano no se encontró asociado a ninguna fracción en particular, con excepción de las prolaminas en las que la correlación fue significativa. Es de interés indicar que en maíz existe una relación positiva entre proteína y su contenido de zeína o prolamina Landry y Monreaux (1970) sin embargo, el patrón de aminoácidos es diferente al encontrado en las prolaminas de la proteína del amaranto.

Valor nutritivo de la proteína.

Existen muchos informes sobre el valor nutritivo de la proteína del grano de amaranto, pero sólo algunos aspectos que se consideran importantes serán tratados en esta oportunidad.

Uno de los aspectos más importantes es que el valor proteínico del grano crudo no refleja el patrón de aminoácidos que la proteína contiene. Esto se indica en el Cuadro 11, en el que se nota que el grano procesado por medio de una cocción húmeda, de cualquier especie, siempre da un valor más alto que el crudo, que se aproxima a la calidad de la proteína de la caseína. El efecto es más claro en el consumo de alimento y en el aumento de peso de animal. Este efecto todavía no ha sido explicado y merece alguna investigación.

Resultados de la digestibilidad de la proteína asociadas a procesamiento se muestran en el Cuadro 12. Los procesos utilizados, tales como expansión, laminado y cocción húmeda no parecen afectar la digestibilidad, en comparación con la digestibilidad del material crudo, en algunos casos. Los datos de tostado son también confusos, dando igual o menor digestibilidad proteínica que el grano crudo. Estos datos se pueden interpretar en el sentido de que pudo haber variaciones no controladas en las condiciones de procesamiento.

La relación entre el contenido de proteína del grano y su calidad se indica en el Cuadro 13, para varios estudios Bressani y col (1987), Bressani y col (1987), Calderón y Bressani (1986) y Imeri y col (1987). En algunos es positiva y en otros negativa, pero en ningún caso fue estadísticamente significativa. Esta relación, para los cereales y las leguminosas ha sido negativa. La razón de esto es que los ensayos de calidad se llevan a cabo entre 9 y 10% de proteína. Al hacer esto el aminoácido más limitante, expresado por grano de nitrógeno, es menor en los materiales con mayor contenido de proteína y, por consiguiente, más deficiente. Esto es reforzado por las correlaciones negativas entre porcentaje de proteína en el grano y contenido de aminoácidos por gramo de nitrógeno.

Otro aspecto que es de interés es que, de acuerdo con el método del puntaje químico, todos los autores han informado que la leucina es el aminoácido más limitante. Los datos del Cuadro 14, sin embargo, sugieren que el aminoácido limitante es treonina, posiblemente por problemas de biodisponibilidad. Esto es importante por lo que se espera, en cuanto al uso de grano de amaranto, para suplir o complementar otras fuentes de proteína Bressani y col (artículo en preparación).

Finalmente, es importante indicar que el procesamiento puede afectar la calidad de la proteína del amaranto, así como ocurre con otros alimentos; un resumen se presenta en el Cuadro 15. Se puede observar que el grano tostado es de menor calidad debido a que se destruye o inactiva la lisina, lo que es importante nutricionalmente ya que una de las características atractivas del grano de amaranto es su contenido relativamente alto en lisina. En esta área de procesamiento es necesario estudiar no sólo procesos térmicos, sino, también, procesos como la molienda o la concentración de proteína, y es necesario establecer las condiciones óptimas para retener la calidad nutritiva del producto Betschart y col (1981), Bressani (1984), Bressani y col (1987), Bressani y col (1987), Calderón y Bressani (1986), Duarte-Correa y col (1986), Imeri y col (1987), Pedersen y col (1987) y Pedersen y col (1987).

Valor suplementario y complementario de las proteínas del grano de amaranto.

En comparación con los cereales como maíz, trigo, arroz y otros, el grano de amaranto contiene en su proteína un nivel superior del aminoácido lisina, notoriamente deficiente en la proteína de los cereales. Por consiguiente, los resultados de varios investigadores Pedersen y col (1987), Sánchez-Marroquín y col (1986) y Tovar y Carpenter (1982), han demostrado el efecto suplementario de la proteína del amaranto a la de los cereales. Una forma diferente de estudiar el valor de la proteína del amaranto es mediante estudios de complementación proteínica. En la Figura 1 se resumen los datos parciales de cuatro estudios con maíz, trigo y arroz. En estos estudios de complementación, la proteína de la dieta se iguala a la proteína del cereal. Los datos indican que existe complementación entre la proteína del amaranto, la de maíz y la de arroz, pero no con la de trigo. El punto de complementación con maíz cae del lado del amaranto, y la del arroz del lado en el que este cereal aporta mayor cantidad de proteína. Estos puntos son el reflejo de la calidad de los cereales, siendo la proteína del arroz superior a la proteína del maíz. Asimismo, la leucina, en exceso en el maíz, posiblemente juega un papel en la complementación. El caso del trigo es decididamente diferente ya que existe un efecto lineal, o sea que, a mayor cantidad de amaranto, mejor calidad de la proteína. Este es el efecto suplementario clásico sin interacción del nivel de la proteína cuando la harina de amaranto, con 15-16% de proteína, reemplaza parte de la harina de trigo con un 10-11% de proteína.

Estudios similares llevados a cabo con otras fuentes de proteína se presentan en la Figura 2. Una de ellas se refiere a la complementación entre la proteína de grano de amaranto y la de la leche, y la otra a la del amaranto con frijol. En el caso de la leche se observa un pequeño efecto complementario que sobrepasa al valor de la leche, lo cual debe ser confirmado. Estos datos refuerzan los hallazgos de la alta calidad de la proteína del amaranto. Por el otro lado, en el caso de frijol, la respuesta obtenida es similar a la que se observó con la harina de trigo, o sea, que no existe complementación sino más bien suplementación, ya que las dos fuentes de proteínas son buenas fuentes de lisina. Probablemente el factor que influye más en el resultado obtenido es la baja digestibilidad de la proteína del frijol. Esta información es útil para el desarrollo de productos, un área que debe recibir más atención con respecto al amaranto.

Concentraciones proteínicas del grano de amaranto.

Existen dos métodos para concentrar la proteína de una materia prima, siendo uno de ellos la extracción húmeda, como se hace con el frijol soya, y el método en seco, que corresponde a un proceso de molienda, que, por lo general, separa fracciones anatómicas. Estudios sobre el proceso húmedo no se han informado en la literatura, sin embargo, ya se indicó que mediante extracciones con solventes específicos o diferentes pH es factible lograrlo. Lo ideal es poder concentrar proteína con un solvente, por extracción o mediante la remoción del almidón, y luego el aceite, o viceversa. Con respecto a molienda existe alguna información. En el Cuadro 16 se resume el contenido de proteína en el germen y la cáscara, con un valor de 42.0%, y en el endospermo con un contenido de 7.7% de proteína Bets-

chart y col (1981). El Cuadro también muestra el contenido de los aminoácidos esenciales, los cuales se encuentran en cantidades ligeramente superiores en el endospermo, con excepción de la lisina que se encuentra en cantidad significativamente superior. Este patrón de aminoácidos esenciales no se refleja en la calidad de la proteína que se presenta en la parte inferior del Cuadro. Estos son aspectos que deben recibir más atención en investigación.

Existen otros estudios de molienda, realizados en México por Sánchez-Marroquín (1986) quien informó sobre porciones con concentraciones de proteína relativamente altas, como se muestran en el Cuadro 17, para la fracción IR. Esta fracción tiene un contenido de aminoácidos superiores al patrón de la fracción 2R de menor contenido proteínico. La calidad de la primera fracción fue informada con un puntaje de 73 y la de la fracción 2R con un puntaje de 55.

Necesidades en investigación.

No hay duda de que la proteína del grano de amaranto es de una calidad nutritiva un poco inferior a la calidad de la proteína de productos tales como la leche, o caseína. Por consiguiente, es necesario conservar esta calidad o mejorarla si es posible. Con base en esto, se requiere de conocer más sobre los aspectos agronómicos y genéticos del cultivo y manipulación genética, para aumentar la producción de grano, que no deben alterar el contenido actual de proteína y aminoácidos. Se requiere de más información sobre las fracciones proteínicas y su contenido de aminoácidos, así como fracciones físicas y contenido de aminoácidos. El área de procesamiento debe recibir atención, ya que procesos con reventado y tostado pueden fácilmente reducir el valor de la proteína, reduciendo, de esta manera, los esfuerzos que se pueden hacer para conservar niveles altos de lisina, treonina y otros aminoácidos clave. La calidad de la proteína del amaranto debe ser explotada, en el desarrollo de productos, en combinación con aquellos que son de baja calidad y, por si llegara el día de tener disponibles concentrados proteicos de este grano, se hace necesario conocer más sobre sus propiedades funcionales.

Estos y otros campos más de investigación deberán realizarse dentro del concepto de la cadena alimentaria, en coordinación con el sector agrícola, genético, ciencia y tecnología de alimentos, para que el grano lleve al consumidor la calidad nutricional que se ha demostrado contiene.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdi, N. and Sahib, M.K. 1976 Distribution of lysine in different legumes and some species of amaranthus seeds. J. Food Sci. Tech. 13: 237-239.
- Becker, R., Wheeler, E.L.; Lorenz, K.; Stafford, A.E.; Grosjean, O.K.; Betschart, A.A. and Saunders, R.M. 1981. A compositional study of amaranth grain. J. Food Sci. Tech 46:1175-1180.

- Betschart, A.A.; Irving, D.W.; Shepherd, A.D. and Saunders, R.M. 1981. Amaranthus cruentus: milling characteristics, distribution of nutrients within seed composition, and the effects of temperature on nutritional quality. J. Food Sci. Tech 46:1181-1187.
- Bressani, R. Efecto del procesamiento térmico seco sobre la calidad proteínica del grano de amaranto. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Octubre 25-27, 1984. Chapingo, México. Consejo Nacional de la Ciencia Tecnología. México. pp. 88-104.
- Bressani, R.; Kalinowski, L.S.; Ortiz, M. A. and Elías, L.G. 1987 Nutritional evaluation of roasted, flaked and popped A. caudatus. Arch. Latinoamer. Nutr.
- Bressani, R.; González, J.M.; Zúñiga, J.; Breuner, M. and Elías, L.G. 1987 Yield, selected chemical composition and nutritive value of 14 selections of amaranth grain representing four species. J. Sci. Food Agr. 38:347-356.
- Bressani, R.; González, J.M.; Elías, L.G. and Melgar, M. 1987 Effect of fertilizer application on the yield, protein and fat content, and protein quality of raw and cooked grain of three amaranth species. Plant Food Human Nutr. 37:59-67.
- Bressani, R.; Elías, L.G.; García-Soto, A. Limiting amino acids in amaranth grain protein from biological tests. Artículo en preparación.
- Calderón, E. y Bressani, R. 1986 Determinación de características físicas, químicas y nutricionales de 15 variedades de amaranto. INCAP. Informe Anual 1986.
- Duarte-Correa, A.; Joke, L. and Carlsson, R. 1986 Chemical constituents in vitro protein digestibility, and presence of antinutritional substances in amaranth grain. Arch. Latinoamer. Nutr. 36:319-326.
- Duarte-Correa, A.; Joke, L. and Carlsson, R. 1986 Amino acid composition of some amaranthus sp grain proteins and of its fractions. Arch. Latinoamer. Nutr. 36(3): 466-476.
- García-Vela, L.A. and Bressani, R. Chemical characterization of amaranth protein. Artículo en preparación.
- Imeri, A.; González, J.M.; Flores, R.; Elías, L.G., y Bressani, R. 1987. Variabilidad genética y correlaciones entre rendimiento, tamaño del grano, composición química y calidad de la proteína de 25 variedades de amaranto (A. caudatus). Arch. Latinoamer. Nutr.
- Landry, J. and Moureaux, T. 1970 Hétérogénéité des glutelines du grain de maïs: extraction sélective et composition en acides amines des trois fractions isolus. Bull. Soc. Chim. Biol. 52:1021-1037.

- Pedersen, B., Kalinowski, L.S. and Eggum, B.O. 1987 The nutritive value of amaranth grain (Amaranthus caudatus). 1. Protein and minerals of raw and processed grain. Plant Foods Human Nutr. 36:309-324.
- Pedersen, B.; Hallgren, L.; Hansen, I.; and Eggum, B.O. 1987 The nutritive value of amaranth grain (Amaranthus caudatus). 2. As a supplement to cereals. Plant Foods Human Nutr. 36:325-334.
- Sánchez-Marroquín, A.; Del Valle, F.R.; Escobedo, M.; Avitia, R.; Maya, S. and Vega, M. 1986. Evaluation of whole amaranth (A. cruentus) flour its air-classified fractions, and blends of these with wheat and oats as possible components for infant formulas. J. Food Sci. 51:1231-1234, 1238.
- Tovar, L.R. and Carpenter, K.J. 1982. The effects of alkali-cooking of corn and supplementation with amaranth seed on its deficiencies in lysine and tryptophan. Arch. Latinoamer. Nutr. 32:961-972.

CUADRO 1

DISTRIBUCION DE LA PROTEINA EN LAS FRACCIONES ANATOMICAS DEL GRANO DEL AMARANTO Y ALGUNOS CEREALES (%).

GRANO	CASCARA	ENDOSPERMO
Amaranto	65.0	35.0
Maíz	18.5	81.5
Sorgo	15.2	84.8
Arroz	12.5	87.5

CUADRO 2

CONTENIDO DE PROTEINA (%)

Especie	No.	Rango	Promedio
<u>A. caudatus</u> - c	36	11.1 - 19.4	13.5
- o	2	12.5 - 16.0	14.2
<u>A. hypochon</u> - c	20	12.7 - 17.9	15.3
<u>driacus</u> - o	4	13.7 - 15.1	14.5
<u>A. cruentus</u> - c	20	13.0 - 20.6	15.5
- o	5	13.6 - 16.0	14.7
<u>A. edulis</u> - c	2	15.8 - 16.5	16.1
<u>A. hybridus</u> - c	2	13.1 - 14.3	13.7
- o	2	14.0 - 15.6	14.8

c = grano crema
o = grano oscuro

CUADRO 3
CONTENIDO DE PROTEINA DE ACUERDO CON EL PAIS DE CULTIVO

País	<u>A. caudatus</u>	<u>A. hypochondriacus</u>	<u>A. cruentus</u>
India	17.5 (3)	16.1 (10)	-
Argentina	16.5 (1)	-	20.0 (2)
Perú	14.2 (3)	-	-
Guatemala	12.8 (29)	14.6 (8)	14.3 (12)
Estados Unidos	-	-	18.1 (3)
México	-	-	17.0 (1)

() = Número de análisis

CUADRO 4
CORRELACIONES ENTRE RENDIMIENTO Y PESO DE GRANO Y CONTENIDO DE PROTEINA

Especie	No.	Rendimiento/Prot.	Peso/Prot.	Autor
<u>A. caudatus</u>	25	0.39 (NS)	0.10 (NS)	1
Varias	14	-0.41 (0.05)	0.25 (NS)	2
Varias	15	-0.24 (NS)	-0.26 (NS)	3
<u>A. cruentus</u> *	9	0.04 (NS)	-0.70 (0.05)	2
<u>A. hypochondriacus</u> **	10	-0.56 (NS)	0.39 (NS)	2

1. Imeri y col.
2. Bressani y col.
3. Calderón y col.

() = Significancia estadística.

* Del grupo de 15

** Del grupo de 14 y 15

CUADRO 5

CONTENIDO DE PROTEÍNA DE DIFERENTES ESPECIES DE AMARANTO PRODUCIDAS CON
DIFERENTES NIVELES DE APLICACIONES DE FERTILIZANTE

Especie y Selección	Nivel de Fertilizante Kg/Ha (12 - 24 - 12)	Proteína %
<u>A. cruentus</u> (US)	0	13.97
	30	13.77
	60	14.22
	90	14.35
<u>A. hypochondriacus</u>	0	14.25
	30	14.05
	60	14.17
	90	14.02
<u>A. caudatus</u>	0	12.35
	30	11.50
	60	14.12
	90	14.50
<u>A. cruentus</u>	0	14.67
	30	14.60
	60	14.15
	90	14.05

Bressani y col. 1987.

CUADRO 6

CONTENIDO DE AMINOACIDOS EN AMARANTO DE GRANO mg/g N

Aminoácido	<u>A. caudatus</u>	<u>A. hypochondriacus</u>	<u>A. cruentus</u>	<u>A. edulis</u>	FAO/refer
Lisina	364	374	337	329	340
Treonina	230 (92.0)	268	238 (95.2)	212 (84.8)	250
Metionina	148	106	118	125	
Cistina	116	131	127	123	
Total azufrados	264	237	245	248	220
Valina	264 (86.8)	237 (76.4)	269 (86.8)	254 (81.9)	310
Isoleucina	218 (87.2)	250	222 (88.8)	216 (86.4)	250
Leucina	349 (79.3)	382 (86.8)	344 (78.2)	348 (79.1)	440
Fenilalanina	238	328	263	250	
Tirosina	205	269	200	207	
Total aromáticos	443	597	463	457	380
Triptofano	86	84	75	59	60
Histidina	158	169	159	150	
Arginina	556	506	434	541	
Acido aspártico	495	506	485	500	
Serina	400	500	387	265	
Acido glutámico	1003	1037	956	870	
Prolina	254	287	244	223	
Glicina	453	525	461	415	
Alanina	229	244	216	215	

() las cifras indican adecuación al patrón de referencia.

CUADRO 7
RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE PROTEINA Y ALGUNOS AMINOACIDOS ESENCIALES

Especie	N	Correlación entre proteína y:			
		Lisina	Leucina	Treonina	Azufrados
<u>A. caudatus</u>	25	0.157 (NS)	0.072 (NS)	-0.101 (NS)	Metionina -0.138
<u>A. cruentus</u>	12	-0.335 (NS)	-0.200 (NS)	0.032 (NS)	Cistina -0.501*
<u>A. hypochondriacus</u>	10	-0.724 (*)	-	-	-
Varias ¹	15	-0.135 (NS)	-0.014	-0.069	-
Varias ²	14	-0.803 (*)	-	-	-

1. 3 hypochondriacus; 9 cruentus; 1 hybridus; 2 no-identificadas.

2. 7 hypochondriacus; 3 cruentus; 1 hybridus; 3 caudatus.

* Significativo (0.05)

NS = No Significativo.

CUADRO 8

DISTRIBUCION DE LAS FRACCIONES PROTEINICAS EN LA PROTEINA DEL GRANO DE AMARANTO (%)

	<u>A. hypochondriacus</u>			<u>A. caudatus</u>	<u>A. cruentus</u>
	Ref.1	Ref.2	Ref.3	Ref.3	Ref.3
Albúmina	48.9	65	19.2	22.9	20.0
Globulina	13.7	17	18.1	20.5	19.1
Prolamina	7.2	11	2.1	1.7	2.7
Glutelina	8.5	7	42.5	44.3	46.5
Residual	21.7	-	18.2	10.8	11.3

Ref. 1 = Abdi y Sahib. 1976.

Ref. 2 = Duarte Correa y col., 1986.

Ref. 3 = García-Vela y Bressani, 1987.

CUADRO 9

CONTENIDO DE ALGUNOS AMINOACIDOS EN LAS FRACCIONES PROTEICAS DEL GRANO DE AMARANTO.

Aminoácido	Albúmina	Globulina	Prolamina	Glutelina	Ref
Lisina	6.6 - 7.9	5.0 - 7.5	4.8 - 6.0	3.8 - 4.7	(1)
	7.3 - 8.2	6.0 - 6.1	4.3 - 5.7	4.8 - 6.3	(2)
Treonina	4.3 - 5.3	2.5 - 3.0	4.4 - 5.1	2.8 - 4.1	(1)
	2.8 - 3.5	3.0 - 3.1	4.6 - 5.4	4.0 - 4.5	(2)
Leucina	5.9 - 7.6	3.8 - 4.6	6.9 - 9.0	8.9 - 5.4	(1)
	4.6 - 5.1	6.2 - 6.4	6.8 - 6.9	6.2 - 6.6	(2)
Valina	4.8 - 5.4	3.2 - 3.4	4.2 - 5.5	3.1 - 5.7	(1)
	3.9 - 4.2	4.7	7.2 - 8.0	5.0 - 5.9	(2)

1. García-Vela y Bressani, 1987.

2. Duarte Correa y col., 1986.

CUADRO 10
 CORRELACIONES ENTRE EL CONTENIDO DE PROTEINA EN EL GRANO Y DISTRIBUCION
 PROTEINICA EN FRACCIONES

Correlación	r
Proteína vrs Albúmina	-0.189 (NS)
vrs Globulina	0.106 (NS)
vrs Prolamina	0.953 (*)
vrs Prolamina-similar	0.254 (NS)
vrs Prolamina total	0.453 (NS)
vrs Glutelina-similar	-0.440 (NS)
vrs Glutelina	0.194 (NS)
vrs Glutelina total	-0.327 (NS)

NS = No Significativo

(*) = Significativo al 5%

García Vela y Bressani, 1987.

CUADRO 12

EFFECTO DEL PROCESAMIENTO SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA
DEL AMARANTO

Especie	Digestibilidad proteína verdadera (%)	Digestibilidad aparente de la proteína (%)
<u>A. caudatus</u>		
crudo	88.5 (a) (1)	-
expandido	85.6 (b)	-
<u>A. caudatus</u>		
crudo	86.6 (bc)	76.0 ± 2.8
expandido	88.4 (abc) (1)	78.7 ± 2.4 (2)
hojuela	89.5 (a)	79.5 ± 3.5
tostado	89.9 (a)	62.2 ± 1.9
<u>A. caudatus</u>		
crudo	87.1 (abc)	-
expandido	87.2 (abc) (1)	-
<u>A. caudatus</u>		
crudo	79.2 (d) (1)	-
tostado	68.1 (e)	-
<u>A. caudatus</u>		
25 selecciones (cocido)	80.0 (3)	

(1) Pedersen y col., 1987.

(2) Bressani y col., 1987.

(3) Imeri y col., 1987.

CUADRO 13

RELACION ENTRE CONTENIDO DE PROTEINA Y SU CALIDAD NUTRITIVA

Especie	n	r
<u>A. hypochondriacus</u> ¹	7	+ 0.280 (NS)
<u>A. cruentus</u> ¹	9	+ 0.186 (NS)
<u>A. caudatus</u> ²	25	- 0.240 (NS)
Varios ³	15	+ 0.120 (NS) (cocido)
	15	+ 0.220 (NS) (crudo)
Varios ⁴	16	- 0.040 (NS)

1. Bressani y col. 1987

2. Imeri y col. 1987

3. Calderón y col. 1987

4. Bressani y col. 1987

CUADRO 14

SUPLEMENTACION DE LA PROTEINA DEL AMARANTO PROCESADO CON AMINOACIDOS

Suplemento	Grano oscuro		Grano claro
	Cantidad, %	NPR	NPR
Ninguno	-	2.84	3.38
+ L-Leucina	0.25	2.48	3.28
+ L-Valina	0.20	2.53	3.32
+ L-Treonina	0.20	<u>2.91</u>	<u>3.45</u>
+ L-Isoleucina	0.20	2.57	2.92
+ L-Lisina	0.15	2.61	2.91
+ L-Metionina	0.20	2.75	3.34

Proteína en dieta: 10.0%.

CUADRO 15

EFFECTO DE VARIOS TIPOS DE PROCESAMIENTO SOBRE LA CALIDAD PROTEINICA DEL
GRANO DE AMARANTO

Proceso	Proteína en dieta, %	Aumento en peso, g	Alimento ingerido, g	Calidad proteína (NPR), % caseína
Crudo*	8.6	7 [±] 5.3	101	47.4
Tostado*	9.1	17 [±] 6.7	131	61.4
Laminado*	9.3	26 [±] 7.6	126	76.2
Expandido*	9.1	37 [±] 6.3	144	87.4
Cocción húmeda*	9.2	42 [±] 8.2	177	84.1
Caseína	9.6	52 [±] 7.9	166	100.0 (3.65)
Crudo**	-	21	123	74.4
Extruido**	-	53	119	104.4
Caseína	-	58	182	100.0 (3.16)

* caudatus

** cruentus

CUADRO 16

CONTENIDO DE PROTEINA, DE AMINOACIDOS ESENCIALES (mg/g N) Y VALOR
 PROTEINICO DE FRACCIONES ANATOMICAS DEL GRANO DE AMARANTO

	Germen + cáscara	Fracción** endospermo	Patrón aminoácidos
Proteína, %	42.0	7.7	-
Grasa, %	19.2	2.3	-
Triptofano	-	-	60
Metionina + Cistina	266	267	220
Treonina	<u>209</u>	244	250
Isoleucina	<u>222</u>	267	250
Leucina	<u>316</u>	<u>388</u>	440
Valina	<u>266</u>	304	310
Lisina	<u>306</u>	401	340
Fenilalanina + Tirosina	400	447	380

Puntaje químico	72	88	-

Calidad proteínica (PER)*	2.42 \pm 0.09	0.99 \pm 0.10	

* Valores no ajustados a caseína.

** Betschart y col., 1981.

CUADRO 17

CONTENIDO DE PROTEINA Y DE AMINOACIDOS ESENCIALES EN FRACCIONES DE AMARANTO
OBTENIDAS POR CLASIFICACION POR AIRE (mg/g N)

	Fracción		Patrón de aminoácidos
	1 R	2 R	
Proteína, %	29.0	6.0	-
Triptofano	62	44	60
Metionina + Cistina	275	169	220
Treonina	206	156	250
Isoleucina	219	169	250
Leucina	319	244	440
Valina	262	194	310
Lisina	312	256	340
Fenilalanina + Tirosina	544	281	380
Puntaje químico	73.0	55	-

Sánchez-Marroquín y col., 1986.

Cristina Mapes,*
Estela Sandoval,*
Silvia Bardales,*
Robert Bye.*

Las verduras comestibles no cultivadas -los quelites- son, generalmente, plantas herbáceas cuyas hojas jóvenes y partes tiernas se consumen. En algunos casos también se consumen las inflorescencias todavía no completamente desarrolladas y los tallos tiernos (Bye, 1981).

La palabra quelite viene del término nahua "quilitl", que significa verdura. Es interesante señalar que existe el término en diferentes lenguas indígenas del país. Así los tarahumaras (Bye, 1981) se refieren a estas verduras como "guiriba"; los purépecha del lago de Pátzcuaro les nombran "xakua" (Caballero y Mapes, 1985); los mixtecos de la Mixteca Baja y de la Alta conocen el término "yiwa" o "yuwe" para distinguir a las plantas herbáceas comestibles o partes tiernas de algunas perennes (Casas, et al, 1987). Estas plantas generalmente se comen inmaduras y crudas (en muy pocas ocasiones) o ligeramente cocinadas en agua tibia. Se consumen frescas durante la estación de lluvias y secas durante la estación de secas. En muchas ocasiones, estas plantas han sido consideradas erróneamente como plantas silvestres; sin embargo, una observación más cuidadosa muestra que estas hierbas, desde el punto de vista biológico, son malezas, productos evolutivos y ecológicos adaptados a sobrevivir en hábitats perturbados por las actividades del hombre. Sin la constante interacción del hombre a través de miles de años, estas formas no estarían presentes en cantidades suficientes para poder ser un recurso alimenticio. Generalmente estas plantas son anuales (Bye, op. cit.).

Los "quelites" son miembros de varias comunidades antropógenas, incluyendo campos cultivados, márgenes de cercas, corrales y vías de tren.

En muchos grupos humanos de México, con agricultura de subsistencia, los "quelites" de los campos cultivados, a principios de la estación de lluvia complementan la dieta de manera importante, ya que no existen en ese momento productos cultivados. En muchas ocasiones estas plantas representan alimentos de emergencia en momentos críticos. Generalmente son obtenidos a partir de los campos de cultivo, cuando el maíz todavía se encuentra muy joven, sin que haya problemas de competencia.

Los "quintoniles" son una clase de "quelites" y son varias las especies de Amaranthus. 100 gr de Amaranthus aportan suficiente calcio, vitamina A, tiamina, riboflavina y vitamina C, según los requerimientos dietéticos establecidos por el gobierno de Estados Unidos (Bye, 1981). Es-

* Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM.

tas plantas presentan sustancias secundarias que en grandes cantidades son tóxicas para el organismo humano; sin embargo, si se consumen en estado tierno no llegan a acumularse en cantidad suficiente para causar problema. Asimismo, el cocimiento en agua destruye esas sustancias tóxicas. Otra ventaja de consumirlos en estado tierno es que el grado de lignificación es mucho menor comparado con las partes viejas y, además, se aumenta la palatabilidad.

La explotación de las malezas representa una vía para la domesticación y la subsecuente agricultura. Las malezas y las hierbas domesticadas representan los productos finales de las alteraciones genéticas y ecológicas mediadas por las actividades humanas. La domesticación parece ser el resultado de cambios evolutivos dirigidos por el hombre, en las plantas, con el objeto de incrementar y estabilizar genéticamente las partes valoradas. Estas plantas producen productividades valoradas en un medio manipulado. Las malezas, por el contrario, no son dirigidas por la selección humana conciente, sino son respuestas evolutivas a hábitats humanos perturbados que varían en tiempo y espacio. La mayoría de las arvenses modernas no existían en sus formas actuales antes del inicio de la agricultura.

Son nuevos productos dinámicos y plásticos y, por tanto, constituyen excelentes sujetos para estudios experimentales de domesticación (Williams, 1985). Hernández X y Ramos R. (1977) plantean la hipótesis de que las arvenses representan una serie de especies sometidas a diferentes grados de domesticación de acuerdo con las necesidades y exigencias del agricultor. En efecto, la interacción hombre-planta no se ha limitado a la domesticación de las plantas cultivadas que todos conocemos. Varios autores han mostrado cómo un gran número de especies de plantas están sujetas a diversas situaciones de manejo por el hombre, que van desde el fomento conciente o inconciente de individuos o de poblaciones de plantas, hasta la domesticación progresiva de algunas de ellas (Caballero, 1986).

Los estudios de Bye (1979, 1981), Davies y Bye (1982), y Williams (1985), entre otros, han mostrado que la domesticación de plantas es un proceso multidireccional, continuo y actual. Con base en tales autores, puede decirse que existe un amplio espectro de especies útiles que están sujetas a procesos de domesticación incipiente. Este es un proceso evolutivo, biológico y cultural al mismo tiempo. Involucra al hombre como factor que a lo largo del tiempo provoca cambios genéticos en las poblaciones vegetales.

Las especies involucradas en procesos de domesticación incipiente son principalmente plantas comestibles. En las fases iniciales de domesticación la protección selectiva de algunos individuos o la dispersión de sus propágulos; el cultivo de las plantas en condiciones de fotoperiodo diferentes a las naturales -el caso de *Brassica* entre los tarahumara- favorece el desarrollo de ciertos fenotipos deseados. En fases más avanzadas la continua selección y el aislamiento reproductivo llegan a producir poblaciones cultivadas que ya son genéticamente diferentes a sus parientes silvestres (Caballero, 1986). De esta manera, el hombre manipula la variabilidad genética que poseen las diferentes especies involucradas.

Así tenemos toda una gama de formas de manipulación desde las plantas silvestres: las arvenses, cuyas poblaciones son toleradas o auspiciadas junto a los campos de cultivo, plantas que son seleccionadas y sustraídas de sus poblaciones naturales y mantenidas bajo cultivo en huertos familiares; poblaciones que constituyen vestigios de los ecosistemas originales y que son toleradas dentro de los campos de cultivo o en los huertos familiares, etc.. También varias evidencias sugieren que, en ciertos casos, alguna forma de selección o manejo del ecosistema completo puede influir en la estructura de la población. Tal es el caso del pino piñonero (*Pinus cembroides* Zucc., *P. edulis* Engelm. y *P. monophylla* Torr. & Frem.) del norte del país y del sureste de Estados Unidos. Se supone que el carácter dioico de las poblaciones de piñoneros ha sido percibido y ventajosamente aprovechado por los grupos indígenas que recolectan la semilla como alimento (Bye, 1985). En relación con esto, los estudios de Floyd (1983) han mostrado que las especies de pinos piñoneros presentan poblaciones en las que los árboles jóvenes son dioicos y producen sólo estrobilos masculinos, los árboles intermedios son dioicos y producen estrobilos femeninos y los árboles viejos son monoicos y producen ambos estrobilos. Junto con esto se ha encontrado que los árboles dioicos intermedios producen mayor cantidad de semillas completas por cono y éstas tienen mayor porcentaje de germinación que las producidas por los árboles monoicos viejos.

Según Bye (op cit.) el conocimiento de este fenómeno biológico por parte de los indios recolectores es la base de la explotación selectiva que ellos hacen de los piñoneros, ya que la semilla sólo es recolectada de los árboles de edad intermedia, mientras que los viejos son utilizados como fuente de leña y madera para construcción.

El género *Amaranthus* incluye todas las plantas domesticadas productoras de grano que han sido utilizadas como colorante y como ornamentales, y las no cultivadas, no domesticadas, generalmente usadas como verduras. Una misma especie puede generar muchas formas, dependiendo de la estrategia del productor. Así, *A. hypochondriacus* L., la "alegría", es principalmente productora de semillas, aunque también ha sido seleccionada como ornamental y en algunos lugares sus hojas jóvenes son empleadas a manera de quelites. *A. cruentus* L. también se cultiva por sus semillas, y en algunos lugares de la República, como en la región del lago de Pátzcuaro, Mich., las semillas son molidas en el metate, junto con maíz, para elaborar los tamales llamados "chapatas"; los pueblos del suroeste de Estados Unidos seleccionaron y sembraron la planta para ser usada como colorante; en Guatemala han seleccionado tipos de esta especie para ser usados como verduras. Por el contrario, las especies productoras de verduras son generalmente malezas, arvenses o ruderales. Dentro de las especies que más frecuentemente se consumen se encuentran *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. dubius*, *A. fimbriatus*, *A. palmeri*, *A. powellii*, *A. spinosus*, *A. watsonii*, *A. blitoides* y *A. acantochiton*. Las especies no cultivadas son de menor tamaño que las plantas productoras de granos. Presentan flores y frutos más pequeños y semillas de color oscuro.

En el Jardín Botánico de la UNAM estamos interesados en realizar un estudio comparativo de distintas poblaciones de plantas productoras de grano y diferentes poblaciones de plantas productoras de verdura, con el obje-

to de poder conocer las diversas estrategias de domesticación de las unas y las otras. En esta forma tendríamos dos problemas que resolver:

Problema 1. La identificación de una misma especie como progenitora de varias formas.

Problema 2. La taxonomía (precisamente clasificación y nomenclatura) refleja las relaciones evolutivas.

Uno de los ejemplos de la literatura que ejemplifican el problema 1 es el que se refiere al caso de Brassica oleracea L.

La col silvestre es nativa de la región mediterránea, al suroeste de Europa y al sur de Inglaterra en donde crecía en los acantilados marítimos. Se empezó a cultivar por lo menos hace 4 500 años y dio lugar a muchas razas cultivadas que se parecen a la silvestre en las flores, frutos y semillas, pero que varían ampliamente en la morfología vegetativa y en la forma de la inflorescencia inmadura. Estas razas incluyen algunos de los vegetales más importantes del mundo que ahora son ampliamente cultivados casi en cualquier lugar (Purseglove, 1974):

Var. acephala DC. Hierbas erectas ramificadas, no forman cabezas como las coles y son las más relacionadas con la especie silvestre. Se usan a manera de verdura y como forraje.

Var. botrytis L. Plantas con racimos o agrupaciones de botones florales. Pertenecen a esta variedad el brócoli (verde) y la coliflor (blanca).

Var. capitata L. La planta es bianual. Presenta un tallo muy pequeño coronado por una masa de hojas gruesas superpuestas; el tallo y las hojas forman una cabeza compacta. A esta variedad pertenece la col.

Var. gemmifera Zenk. La planta presenta tallo simple erecto, de 1 metro de altura, con botones florales axilares formando cabezas compactas de 3 cm de diámetro. Pertenecen a esta variedad las coletitas de Bruselas.

Var. gongylodes L. El engrosamiento secundario del tallo corto produce una porción esférica comestible, de 5 a 10 cm de diámetro, que se come cocinada. Pertenecen a esta variedad el kolhrabi.

Var. italica Plenck. Es muy similar a la coliflor, pero se producen conjuntos de yemas axilares y terminales no tan compactas como en la coliflor. Se cosecha inmediatamente después de que las flores se abren. Pertenecen a esta variedad "la coliflor brotada".

Como este ejemplo vemos cómo, a partir de un progenitor común, se obtienen formas diferentes debido a una selección de partes diferentes que da como resultado un cambio en la estructura externa, lo que depende del gusto del seleccionador. Lo mismo podría aplicarse al caso de Amaranthus.

Uno de los ejemplos de la literatura que ejemplifican el problema 2 es el que se refiere a Cannabis sativa L. Diversos botánicos, como Small et al (1975) y Small y Cronquist (1976), por mucho tiempo creyeron que Cannabis era monotípico y que una de sus especies polimórficas, C. sativa se había diversificado en muchos ecotipos y razas cultivadas. Estos autores para decir esto se basaron en datos de citología, comportamiento reproductivo, variación química, morfología de los aquenios y taxonomía. Posteriormente, Schultes y colaboradores (1980) iniciaron investigaciones taxonómicas y citológicas del género y llegaron a la conclusión de que el género comprende 3 especies: C. sativa, C. indica y C. ruderalis.

También concluyeron que C. sativa es la más ampliamente distribuida y la que presenta mayor variabilidad de todas las especies del género. Puesto que C. sativa es una planta de triple propósito económico (propiedades narcóticas, alimenticia y productora de fibra), ésta se selecciona por las características deseadas por la gente en las áreas donde se cultiva. En efecto, a partir de los tallos se obtiene el primer producto útil, las fibras que, todavía, son importantes en el comercio. De hecho, Cannabis es la planta productora de fibra más antigua, y existe interés de usar el cáñamo como fuente de pulpa de papel; el fruto (los aquenios) contiene aceite que es muy parecido al aceite de linaza, y se utiliza en pinturas y en la elaboración de jabones. En Europa las semillas se comen por el hombre y algunos pájaros. En tercer lugar se usa como fuente de narcóticos. El lugares donde las propiedades narcóticas son utilizadas en ceremonias religiosas se seleccionan cepas o razas más ricas en los constituyentes intoxicantes; en lugares donde se prefiere el valor nutritivo de aquenio se selecciona una fuerte producción de frutos; donde se le valora por su fibra se desean los representantes más fuertes en producción de éstas. Es muy común, también, encontrar que en una planta cultivada para cierto propósito la intensidad en cuanto a la selección de un carácter dé como resultado que los otros caracteres desaparezcan. Así, al incrementar el aceite de la semilla la propiedad narcótica disminuye; al crecer la propiedad narcótica la calidad de la fibra es inferior; al aumentar la calidad de la fibra, la propiedad narcótica es inferior.

Schultes y colaboradores (op cit.) llegaron a la conclusión de que son varias especies politípicas, con base en las diferencias encontradas en la arquitectura de las plantas (morfología, estructura externa). Las diferencias morfológicas también fueron correlacionadas con diferencias anatómicas (en el xilema: vasos, fibras, etc.).

Es por todo esto que estamos interesados en estudiar la arquitectura de la planta en diferentes poblaciones de Amaranthus, para, al mismo tiempo, poder correlacionar todas las diferencias externas con las internas (anatomía).

Después de varios años de investigación etnobotánica, a la fecha se tienen detectadas varias poblaciones de "quintoniles" que están siendo utilizadas por varios grupos indígenas del país. Se cuenta con varias recolectas de semillas de poblaciones ruderales, malezas y arvenses, así como de plantas cultivadas.

A principio de 1987 el proyecto de investigación "Etnobotánica del "quintonil" (*Amaranthus* spp.). Conocimiento, uso y manejo en México", llevado a cabo en el Jardín Botánico de la UNAM, se inscribió dentro de las actividades del "Programa Universitario de Alimentos" a través del proyecto "Establecimiento de Jardines de Introducción". El Programa Universitario de Alimentos, a su vez, mediante un convenio con la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, ha facilitado la utilización de un terreno, que pertenece al rancho San Francisco, ubicado en Chalco, Estado de México. Durante 1987 se establecieron 13 poblaciones distintas de plantas ruderales, arvenses, malezas y cultivadas bajo condiciones homogéneas de cultivo. Estas semillas son provenientes de diferentes regiones del país. Una vez establecido el cultivo se llevaron a cabo algunas medidas biológicas, en las distintas poblaciones, con el objeto de conocer los distintos patrones de variación de crecimiento y desarrollo. Se puso especial cuidado en la comparación entre las plantas a las que se les está dando manejo agrícola y las que no reciben ningún cuidado. Algunas de las medidas realizadas se refirieron a características de las hojas, tallo, inflorescencia y semilla. También se realizaron medidas de biomasa y de área foliar. Se piensa realizar un análisis de correlación entre los diferentes caracteres estudiados con el objeto de conocer la relación que existe entre ellos. A partir de este análisis se conocerán los caracteres que son importantes en función del uso que se le está dando a la planta. Tenemos especial interés en cómo la gente reconoce las partes deseadas, cómo las maneja y qué efectos tiene esto sobre la planta. Durante este primer año el trabajo realizado ha sido un primer ensayo para establecer el cultivo, así como para poder realizar ciertas medidas en la planta. También se han realizado observaciones preliminares de cómo se comportan las distintas poblaciones en condiciones homogéneas de cultivo. Durante 1988 esperamos afinar el experimento, en general, y, asimismo, se realizarán ensayos con los sistemas de identificación propuestos por Sauer (1950) y Coons (1982). Asimismo, al mismo tiempo, se realizará trabajo de campo con el objeto de reconocer los diferentes tipos de manipulación (no existente, aplicación de fertilizantes, deshierbe, siembra de semillas en milpa) y las características culturales preferidas por la gente y como ésta confiere esas características a las plantas. De esta manera se definirán los criterios de mayor relevancia para la evaluación de las distintas clases de los vegetales en estudio como recursos alimenticios y forrajeros importantes.

Durante esta primera fase de trabajo otros grupos de investigación se han interesado en trabajar conjuntamente a partir del proyecto de etnobotánica anteriormente planteado. En esta forma, el Dr. Ezequiel Murillo, de la División de Estudios Superiores de la Facultad de Ciencias Químicas, trabajará la producción de oxalatos y nitratos en condiciones de ausencia de agua; el Dr. Fernando Pérez Gil, del Instituto Nacional de la Nutrición (Departamento de Nutrición Animal), realizará la caracterización completa nutricional de las diferentes poblaciones de *Amaranthus* y realizará algunos ensayos de alimentación en animales monogástricos; la Dra. Guadalupe Palomino, del Laboratorio de Citogenética del Jardín Botánico de la UNAM, está realizando el análisis del número diploide y niveles de ploïdía en las diferentes poblaciones, y durante 1988 se propone realizar el análisis meiótico de las mismas poblaciones; el Dr. Alejandro Castellanos, del Centro de Ecología, realizará la caracterización fisiológica de las distintas varie-

dades en cuanto a requerimientos de agua, luz y nitrógeno, y, finalmente, la bióloga Estela Sandoval y la pasante de biología Silvia Bardales, del Jardín Botánico de la UNAM, están realizando el estudio anatómico. Lo interesante de esta investigación es que todos los estudios mencionados serán realizados en forma conjunta por diversos investigadores, con los mismos materiales botánicos colectados a lo largo de varios años de trabajo por el equipo de etnobotánicos del Jardín Botánico de la UNAM. Estos materiales botánicos cubren un rango amplio de variabilidad morfológica del complejo Amaranthus en México.

Existen muchos trabajos que intentan explicar el valor de los métodos anatómicos en el análisis de variaciones morfológicas, hibridaciones naturales, así como en el establecimiento de las interrelaciones de taxos en la especie y por encima de la especie en los principales grupos vegetales (Carlquist, 1961).

El estudio de la anatomía del xilema de Cannabis es un claro ejemplo de cómo los caracteres anatómicos han podido demostrar la relación que existe entre forma biológica o arquitectura y anatomía. A partir de un enfoque anatómico dedicado a los problemas de delimitación taxonómica de Cannabis, Anderson (1974) encuentra diferencias anatómicas entre C. sativa y C. indica en las que, por otro lado, es posible reconocer diferencias anatómicas claramente relacionadas con las diferencias de arquitectura que presentan las dos especies. C. indica se distingue de C. sativa en el hábitat de crecimiento, y en sus caracteres morfológicos, además de sus propiedades narcóticas más fuertes (Shultes y Hofmann, 1980). Miembros de los vasos y fibras del xilema difieren entre las dos especies. En C. indica ambos tipos de células son más anchos, tienen paredes más gruesas, pero son más cortas comparadas con las de C. sativa. Anderson (op cit.) propone que los datos anatómicos pueden ayudar a resolver el problema de reconocimiento de especies dentro de un género.

A pesar de la importancia económica de Amaranthus y de su larga asociación con el hombre y la agricultura, a la fecha pocos trabajos anatómicos del género se han realizado.

Metcalfe y Chalk (1979) resumen los datos anatómicos de la familia Amaranthaceae encontrados hasta esa fecha; a partir de entonces los trabajos anatómicos más recientes sólo mencionan a Amaranthus de una manera general.

Hasta hoy, ningún especialista anatómico ha enfocado sus investigaciones específicamente al complejo Amaranthus, por tal razón, recientemente se ha retomado el estudio anatómico del género, con el propósito de llevar a cabo estudios tendientes a entender la relación que existe entre la anatomía, arquitectura y productos de las diferentes especies y poblaciones observadas en Amaranthus; el análisis anatómico comparativo, a su vez, contribuirá a la taxonomía del género.

Actualmente se tiene la descripción anatómica de lámina foliar, peciolo, tallo y raíz de A. hypochondriacus L. Se ha decidido iniciar el estudio partiendo de A. hypochondriacus del tipo "azteca" (semillas colectadas en Tulyehualco), por ser la especie taxonómicamente mejor definida,

además de establecerla como especie tipo a partir de la cual se hará la comparación anatómica de cada variante observada en el complejo Amaranthus, lo que permitirá conocer las variaciones anatómicas entre las variantes, y como estas modificaciones anatómicas están relacionadas con la arquitectura de cada una de ellas, esto, finalmente, nos llevará a la delimitación taxonómica del género a partir de evidencias anatómicas.

Las peculiaridades anatómicas más sobresalientes en A. hypochryson son:

Hoja.

Lámina. Venación reticulada con una estructura del tipo "Kranz", es decir, presencia de una vaina de grandes células parenquimáticas cúbicas que rodean a los haces vasculares de todas las venas.

Gran cantidad de oxalato de calcio secretados o agrupados en forma de arena, asociados en cristales conocidos como drusas, o en las dos formas.

Ambas epidermis uniseriadas, sin contener células esclerificadas, capa cuticular ausente de ambas epidermis; estomas de tipo anomocítico e hipostomáticos.

Mesófilo compacto de tipo isolateral, incluye gran cantidad de drusas; haces vasculares de tipo colateral.

Pecíolo. Patrón de venación en forma de "U", con haces vasculares libres o parcialmente fusionados y de tipo colateral. Colénquima angular; tejido fundamental parenquimático sin fibras.

Tallo joven.

Patrón estelar de tipo "Eustele", con haces vasculares colaterales individuales dispersos en la zona central del tallo.

Tallo principal y raíz.

Con engrosamiento secundario anómalo en el que se observa una sucesión de haces vasculares colaterales formados a partir de anillos o arcos de tejido meristemático secundario en el periciclo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Anderson, C.L. 1974. A study of systematic wood anatomy in Cannabis. Botanical Museum Leaflets, October 25, Vol. 24, No. 2, 29-36 Harvard U.
- Bye, R.A. 1985. Botanical perspectives of Ethnobotany of the greater Southwest. Economic Botany, 39 (34) 375-386.

- Bye, R.A. 1981. Quelites-Ethnoecology of edible greens-Past, present and future. J. Ethnobiol. 1(1): 109-123.
- Caballero, J. 1986. Etnobotánica y desarrollo: la búsqueda de nuevos recursos vegetales. Memorias del Simposio de Etnobotánica del IV Congreso Latinoamericano de Botánica, celebrado en Medellín, Colombia.
- Caballero, J. y C. Mapes. 1985. Gathering and subsistence patterns among the P'urhepecha indians of Mexico. J. Ethnol. 5(1): 31-47.
- Carlquist, S. 1961. Comparative plant anatomy. A guide to taxonomic and evolutionary application of anatomical data in Angiosperms. New York. Holt, Rinehart and Winston. 445 p.
- Casas, A., J.L. Viveros, E. Katz y J. Caballero. 1987. Las plantas en la alimentación mixteca: una aproximación etnobotánica. México, D.F. América Indígena Vol. XLVII No. 2. 317-343.
- Coons, P. 1982. Relationships of Amaranthus caudatus. Economic Botany 36 (20). 129-146.
- Davis, T. y R. A. Bye. 1982. Ethnobotany and progressive domestication of Jatomata (Solanaceae) in Mexico and Central America. Economic Botany 36(2): 225-241.
- Hernández X.E. y A. Ramos R. 1977. Metodología para el estudio de agroecosistemas con persistencia de tecnología agrícola tradicional. En: Hernández X.E. (Ed.), Agroecosistemas de México. Colegio de Postgraduados, Chapingo. 321-333.
- Joshi, A.C. 1937. Some salient points in the evolution of the secondary cylinder of Amaranthaceae and Chenopodiaceae. Amer. J. Bot. 24:3-9.
- Metcalfe, C.R. and Chalk, L. 1979. Anatomy of the Dicotyledons. 2a. ed. Vol. I y II. Clarendon Press Oxford.
- Purseglove, J.W. 1974. Tropical crops. Dicotyledons. London. Longman group limited p. 89.
- Sauer, J.D. 1950. The grain amaranths: A survey of their history and classification. Annals of the Missouri Botanical Garden. Vol. 37: 561-632.
- Schultes, R.E. y A. Hofmann. 1980. The Botany and Chemistry of Hallucinogens. Springfield, IL: Charles C. Thomas, Publ.
- Small, E. 1975. Morphological variation of achenes of Cannabis. Can Journ Bot. 53: 978-987.

- Small, E., H.D. Beckstead y A. Chan 1975. The evolution of cannabinoid phenotypes in Cannabis. Econ. Bot. 29: 219-232.
- Small, E., y A. Cronquist. 1976. A practical and natural taxonomy of Cannabis. Taxon 25: 405-435.
- Williams, D.E. 1985. Tres arvenses Solanáceas comestibles y su proceso de domesticación en el estado de Tlaxcala, México. Tesis. Maestría en Ciencias, Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 173 p.

EL AMARANTO COMO ALIMENTO PARA ANIMALES

Juan Manuel Cervantes Sánchez*

Los animales, para producir carne, leche, huevo, piel, etc. necesitan llenar sus requerimientos nutritivos por medio de granos, forrajes y otros alimentos en cantidades adecuadas. Algo que es importante recalcar es que el concepto alimentación en producción animal ocupa entre el 60 y 80% del costo de producción total (Cuca *et al* 1982), por lo que es posible disminuir el costo empleando alimentos disponibles regionalmente que, a la vez, sean de buena calidad.

Un problema muy importante que afronta la ganadería nacional es la importación de modelos tecnológicos que, por venir de otros lugares económica y ecológicamente diferentes, al ser adaptados a nuestras condiciones producen graves disturbios económicos y ecológicos (Toledo *et al*, 1982). Tal es el caso de las famosas cuencas lecheras cuyo modelo fue traído de los estados del norte de Estados Unidos, en los años cincuenta, que en México están asentados en las zonas áridas y semiáridas, en las que la alimentación, en forma contradictoria, está basada en forrajes de riego como la alfalfa que, además, reclama grandes cantidades de agroquímicos y muchas prácticas culturales. Todo esto ha traído las siguientes consecuencias: monocultivo en grandes áreas, agotamiento de la fertilidad del suelo, erosión, salinidad del suelo, agotamiento de los mantos freáticos, contaminación y diversos disturbios ecológicos. Ejemplo de este problema son las cuencas lecheras de Tizayuca, Hgo., Querétaro, Qro., Torreón, Coah., Delicias, Chih., etc..

Realmente es inexplicable que teniendo México una extensa flora de cerca de 20 000 plantas vasculares de las que sólo conocemos el 20% (Rzedowski 1974), estemos utilizando forrajes que han funcionado en otros sistemas de producción, en condiciones ecológicas diferentes, y que en amplias zonas de nuestro país, donde antes había selvas tropicales, ahora haya praderas introducidas o, bien, en zonas del altiplano donde antes se cultivaban granos para consumo humano, actualmente se cultive alfalfa, sorgo y otros vegetales destinados a la fabricación de alimentos balanceados para animales.

México cuenta con un gran potencial botánico sin explorar, tal es el caso de muchas leguminosas tropicales y algunas plantas más entre las que se encuentran las del género *Amaranthus* (Cervantes 1986), caracterizadas por su gran adaptabilidad a diferentes climas y ciclos de luz, resistencia a enfermedades y condiciones ambientales adversas, así como tolerancia a suelos salinos; además, en breve tiempo (70 días) produce abundante biomasa de buena calidad nutritiva, Aguilar y Alatorre (1978).

* División de Estudios de Posgrado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

Rendimiento

Existen diferentes reportes en cuanto a rendimientos: Schmidt (1971) reporta 5 000 Kg M.S./Ha y menciona que: Mugerwa y Bwabye, a su vez, reportan 9 000 Kg M.S./Ha, en tanto que Trinidad reporta hasta 20 000 KG M.S./Ha.

Composición Química

Las plantas del género Amaranthus se distinguen por su alto contenido proteínico en las hojas y en menor grado en los tallos, existiendo una variación que oscila entre 12 a 38%, dependiendo de la especie, edad y parte de la planta muestreada, Cervantes 1986.

La hoja contiene el tejido fisiológicamente más activo y, como tal, es usualmente rica en vitaminas y minerales. El amaranto, en particular, presenta niveles deficitarios de tiamina (Cervantes op. cit.), y en lo que respecta a minerales, éstos cubren los requerimientos minerales de los rumiantes Schmidt (op. cit.).

Algunos autores mencionan los valores de energía digerible de diferentes especies de amaranto, que oscilan entre 2.4 a 3.72 en ovinos y 1.9 a 4.03 en bovinos, valores que son dignos de tomarse en cuenta ya que es difícil encontrar un forraje con altos niveles de proteína y, a la vez, cantidades adecuadas de energía, (Suárez, Villareal y Cervantes 1987).

Sustancias indeseables.

Las plantas son seres vivos que responden constantemente a las condiciones ambientales, es por eso que, en una forma u otra, producen ciertas sustancias en virtud de las cuales se adaptan según las circunstancias. Los amarantos han sido señalados como plantas que acumulan nitratos, oxalatos y que producen saponinas.

Los nitratos son productos naturales que se encuentran en distintas concentraciones en la mayoría de los vegetales, incluso en cultivos forrajeros como maíz, avena, cebada, sorgo, trigo, centeno y pastos, así como en algunas leguminosas, y se ha visto que cambios de clima drásticos tienden a incrementarlos; por ejemplo, en paja de avena, después de una helada se han encontrado niveles de hasta 7% en base seca, cuando el 1.5% es suficiente para intoxicar a los animales. Los nitratos tienden a acumularse en las siguientes condiciones: altas fertilizaciones con N, deficiencia, en el suelo, de S, Zn y Mo; periodos de sequía, después del barbecho; en días nublados, después de la aplicación de 2,4,D (Cervantes op cit.). El problema del nitrato no es exclusivo de los amarantos, sino de su acumulación en la naturaleza (suelo, agua, planta) como un efecto que ha afectado el ciclo del N en el ecosistema.

Los cristales de oxalato de calcio se encuentran en muchas especies vegetales en forma intra y extracelular; se sabe que son productos finales del metabolismo vegetal y están relacionados con la fotosíntesis y el metabolismo de los carbohidratos (Franceschi y Harry, 1980). Los oxalatos, en los animales producen una acción corrosiva local, nefrosis tóxica, hipocal-

cemia, edema perirrenal, etc. (Cervantes, 1986). Afortunadamente, existen algunas evidencias de adaptación a altas dosis de esos compuestos.

Las saponinas están ampliamente distribuidas en el reino vegetal, existiendo de 400 a 500 especies en 80 familias diferentes de plantas; algunas de estas familias son: liliáceas, amarillidáceas, leguminosas, queno-podiáceas y gramíneas. Las saponinas tienen diferentes efectos en los animales, pero los principales son hemólisis en monogástricos y timpanismo en rumiantes. En un estudio reciente se encontró que las plantas de amaranto tenían menor actividad hemolítica que la alfalfa común utilizada en Querétaro para alimentar vacas lecheras (Rzedowski, 1974).

Existen muchos reportes que mencionan al amaranto como tóxico por contener nitratos y oxalatos, pero en la mayoría de los casos no se ha hecho la cuantificación de estos compuestos; además se parte de la suposición errónea de que sólo el amaranto acumula nitratos y los pastos no, por lo que se debe estudiar más a fondo al respecto.

Utilización del amaranto en alimentación animal.

Los amarantos han sido empleados para alimentar animales; se ha utilizado: forraje (fresco y ensilado), paja, grano crudo y cocinado, grano germinado, etc. y se ha usado para alimentar ovinos, bovinos, caprinos, cerdos, aves, ratas, etc.. Algunos resultados se encuentran sintetizados en los cuadros siguientes:

CUADRO NO. 1

AUTORES	LUGAR	AÑO	E. VEGETAL	E. ANIMAL	% INCLUSION	OBSERVACION
Laovoiavit et al	California E.U.	1986	A. spp grano	pollos	20 y 40%	E.Mcal. 2.86 deficiencia de tiamina bueno al 20%
Lebas et al	Malawi	1986	A. spp verde	conejos	20%	gpd = 15 g
Marten y Andersen	E.U.	1975	A. <u>retroflexus</u>	ovinos		DIVMS = alfalfa + palatable que avena, min. y vit. suficientes
Misgra et al	India	1985	A. <u>hypocondria</u> <u>cus</u> (grano)			8 a 16% P.C.
Morales et al	Querétaro México	1987	A. <u>cruentus</u> verde	cerdos	40%	Buen resultado
Oaxaca et al	Querétaro México	1985	A. <u>hybridus</u>	conejos	25%	Ganancias menores que con el alfalfa.
Odwongo y Mugerwa		1980	A. <u>retroflexus</u>	bovinos	0-40%	gpd .4 a .5 Kg.
Waldrup et al	Arkansas E.U.	1985	A. <u>hypocondria</u> <u>cus</u> (grano)	pollos	20 y 40%	excelente a 20

CUADRO NO. 2

ALGUNOS REPORTES DE UTILIZACION DE AMARANTO EN ALIMENTACION ANIMAL.

AUTORES	LUGAR	AÑO	ESPECIE VEGETAL	ESPECIE ANIMAL	% DE INCLUSION	OBSERVACION
Art et al	Querétaro México	1985	<u>A. cruentus</u> ensilado	ovinos	40%	equivalente silo de maíz.
Carlisle et al	Missisipi E.U.	1980	<u>A. retroflexus</u> verde			minerales y vit. suficientes para rum.
Cervantes et al	Chapingo México	1982	<u>A. hypochondria</u> cus (paja)	ovinos	60%	gpd = 300 g
Ezeala	Nigeria	1985	<u>A. viridis</u> verde			32.2 P.C.% 4.19 E.B.
Fusagro	Venezuela	1985	<u>A. caudatus</u> verde			27.2 P.C.% 4.66 E.B.
			<u>A. spp</u> verde			dado a los 55 y 77 días sin problema

Las evidencias ya citadas demuestran la factibilidad de emplear las diferentes especies de amaranto para alimentar animales; sin embargo, no se deben olvidar las limitaciones originadas por la ingestión de sustancias lesivas que, en determinadas circunstancias, desencadenan problemas alimenticios.

Hace falta investigar más a fondo el gran recurso alimenticio potencial que es el amaranto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Aguilar, J. y Alatorre, G. 1978. Monografía de la alegría. México: Grupo de Estudios Ambientales. Mimeógrafo.
- Cervantes, S.J.M. 1986. El amaranto: recurso forrajero mexicano no aprovechado. México Veterinaria México: XVII (4): 289-296.
- Cuca, G.M., Avila, G.E. y Pro M.A. 1982. Alimentación de la aves. Chapingo, México. Colegio de Postgraduados.
- Franceschi, V.R. and Harry T.H. 1980. Calcium oxalate crystals in plants. The Botanical Review, 46: 4 New York: Academic Press.
- Rzedowski, J.D. 1974. Vegetación en México. México: Limusa.
- Schmidt, D.R. 1971. Comparative yield and composition of eight tropical leafy vegetables grown at two fertility levels. Agr. J. 63:545-550.
- Suárez, R.G., Villarreal, E. y Cervantes, S.J.M. 1987. Estudio preliminar de saponinas en cinco variedades de amaranto (Amaranthus spp). Memoria del Coloquio Nacional del Amaranto. Querétaro, Qro.: IDEAS. 185-192 p.
- Toledo, V.M., Carabias, J., Mapes, C. y Toledo, C. 1984. Ecología y autosuficiencia alimentaria. México: Siglo XXI.

OBJETIVOS ECONÓMICOS DE LA PRODUCCIÓN DE AMARANTO.

Alfredo Sánchez-Marroquín*

Se ha dicho en repetidas ocasiones que un cultivo nuevo sólo puede fallar: a) por las condiciones no apropiadas para su desarrollo fuera de su entorno original, b) por problemas de mercado por no ser apropiado comercialmente, es decir, no aceptado por el consumo humano o animal.

No es este el caso, afortunadamente, del amaranto, pues los estudios agronómicos auspiciados durante 3 años por la Academia Nacional de Ciencias de los E.U. (NAS), en 7 países de condiciones edafológicas y climatológicas diferentes, han demostrado su adaptabilidad a condiciones heterogéneas, dando rendimientos de grano y hoja muy aceptables, en tanto que las investigaciones bromatológicas y nutricionales han recalcado o confirmado su excelente calidad sólo comparable a la soya. Por tanto, la promoción de su cultivo mundial no encontraría los obstáculos arriba señalados y resultaría racionalmente aconsejable. En efecto, desde el punto de vista de las investigaciones realizadas en nuestro país, hemos señalado ya las siguientes ventajas del cultivo:

En México la semilla de amaranto es quizá la MEJOR FUENTE DE PROTEÍNA VEGETAL que puede obtenerse en condiciones de temporal o con sólo 2 riegos; por ello, el objetivo económico primordial es producirla competitivamente para ponerla en el mercado a disposición del consumo directo y el de la industria.

Es recomendable extender su cultivo en forma intensiva a todas las zonas de temporal adecuadas ampliando, así, la frontera agrícola con un nuevo recurso alimentario de extraordinaria significación.

Existen ahora líneas mejoradas, aptas para la mecanización de los cultivos, que permiten abatir los costos de la operación en el campo.

La planta supera a los cereales básicos (maíz, trigo, arroz) y a otros cereales (triticale, cebada, sorgo) en rendimiento de grano y paja por hectárea, y de proteína total/Ha en condiciones de 600-1 200 mm de precipitación anual, y suelos de mediana y aún baja calidad si se fertilizan con 50-70 Kg de N por hectárea.

Crece en un rango muy amplio de altitudes, desde 500 hasta 3 500 metros. Los estados de mayor tradición del cultivo son Morelos, Puebla, México, Tlaxcala y Oaxaca, pero también se conoce en Michoacán, Jalisco, Colima, Tamaulipas, Sinaloa, San Luis Potosí, Nuevo León y Chihuahua. En algunos de estos estados es posible obtener dos cultivos por año, como se está demostrando en varios lugares.

* Investigador. San Miguel de Productos Agropecuarios, S.P.R. de R.S.

No obstante, un cultivo nuevo puede no presentar ninguno de los inconvenientes señalados y, en cambio, fallar por otras razones imprevistas, como ha sido el caso de maíz opaco 2, rico en lisina, del frijol Mungo, del triticale y algunas de las 36 plantas seleccionadas en "Underexploited Tropical Plants with Promising Economic Value" de la NAS (1975). Entre todas éstas, la quinua y el amaranto poseen signos alentadores desde el punto de vista del mercado, ya que la jojoba y el guayule no han resultado tan prometedores como se vislumbraba al principio, y sólo parcialmente lo han sido la candelilla y la espirulina.

¿Qué se necesitaría, entonces, para que el amaranto no fracasara en el mercado? Antes que todo, en los casos de la quinua y la soya deben tenerse en cuenta los siguientes hechos por su estrecha semejanza con el amaranto:

En E.U. la empresa Quinoa Corporation inició la comercialización y mercado de la quinua, en 1984, y su experiencia puede ser usada para el amaranto, creando centros de demanda e incrementando el interés del consumidor.

El amplio mercado de los E.U., calculado en más de 2.4 millones de dólares, con personas que saben valorar la nutrición, estaría abierto tanto para el amaranto como para la quinua.

Asimismo, "Sierra Blanca Associates", financiada por la General Service Foundation de Minnesota, apoya la investigación y uso de la quinua en Bolivia, Perú y Chile, en colaboración con un proyecto de introducción de la quinua en Colorado, del que ha informado David Cusack en el IV Congreso Internacional de Cultivos Andinos celebrado en Nariño, Colombia, en 1984; así como la promoción del cultivo en el mercado urbano y su aceptación dentro de sus economías nacionales y aun en su exportación. Tales experiencias deben tomarse en cuenta para organizar debidamente los estudios de mercadotecnia para el amaranto.

Sería conveniente, entonces, entrar en contacto con economistas y agrónomos que han estudiado los problemas mercadotécnicos de la quinua, para aprovechar sus experiencias y unir esfuerzos.

La harina de soya empezó a usarse para enriquecer pan, torrillas y otros elementos, en Latinoamérica, con resultados poco alentadores; en tanto que 85% de la producción se destinó a la alimentación de pollos y 13% a la de cerdos, con mucho mejores resultados. Por estas razones, diversos esfuerzos gubernamentales se encaminaron a la promoción de tan importante cultivo; así, en 1973 una pequeña parte de la producción se destinó en México a la alimentación humana a base de soya texturizada, pero aun en la actualidad con escasa aceptabilidad por parte de los consumidores.

En 1976 se inició en Chihuahua la producción de harina de soya a pequeña escala (40 T/día) llegando hasta 250 T/mes, en una mezcla al 8% con maíz para tortillas. La industria privada, especialmente "Industrial de Alimentos", en la ciudad de México la emplea en la elaboración del "Soyacyt" y "Protoleg" principalmente, mientras que en Delicias, Chih., se produce el alimento infantil "Soyaven" y en Guadalajara la paraestatal Nu-

trimex la utiliza para enriquecer la tortilla principalmente, pero con escaso éxito. El ejemplo de la soya para el enriquecimiento de alimentos básicos, sugiere el empleo de las harinas de amaranto grano, que tiene mayor tradición en nuestro medio y ventajas organolépticas bien demostradas, para enriquecer dichos alimentos con mayores probabilidades de éxito, especialmente si se cuenta con apoyo gubernamental.

Sin embargo, debe procederse con cautela, e ir elaborando programas adecuados del uso de las harinas de amaranto en productos alimenticios de gran consumo, cuidando de que su precio final sea similar al de productos comerciales de la competencia. En particular, podrían selañarse, en el caso del amaranto, los hechos siguientes:

No existe actualmente un programa amplio que garantice al productor la venta de semilla. Sólo existen pequeñas empresas que laboran esporádicamente a precios muy altos y fluctuantes, precisamente por la gran demanda y poca producción, y, asimismo, están apareciendo intermediarios que elevan artificialmente los precios.

La producción masiva de granos se está propiciando en los estados de Morelos y Tlaxcala (dos de los mayores productores en la actualidad) con los siguientes objetivos: a) utilizar tierras ociosas; b) organizar la producción; c) crear uniones de productores; d) seleccionar organismos que se encarguen de la promoción y difusión de alimentos enriquecidos con amaranto; e) iniciar la producción de harinas para distribuir las a interesados; f) emprender estudios de mercado de productos de amaranto seleccionados; g) estudiar la posibilidad de inversiones conjuntas para las siembras y la agroindustria.

Aparte de estos esfuerzos, otras industrias están produciendo los cultivos, pero sin prever el control estricto de la calidad, ni los problemas de mercado. Es preciso, pues, insistir en estos dos aspectos.

DATOS AGROINDUSTRIALES COMPLEMENTARIOS.

La germinación óptima de la semilla de amaranto acontece a los 18° a 20°C de temperatura, a los 4-6 días, en condiciones edafológicas adecuadas y sembrando en junio o julio, cuando la temperatura del suelo sea "caliente". Si se siembra en estas fechas habrá menor competencia con malezas, incluyendo amarantos silvestres.

Aunque el amaranto crece en una gran variedad de suelos, se prefieren los migajones arenosos y, en general, los suelos limosos bien drenados y aireados, no compactos.

Es aconsejable seleccionar campos de menor pendiente para prevenir el deslave de las semillas. Las camas deben prepararse de manera semejante a las de la alfalfa.

Generalmente se requiere una profundidad de plantación de 1/2 pulgada, por el pequeño tamaño de la semilla, pero esto dependerá del tipo del suelo. Debe prepararse bien el suelo evitando terrones.

Se recomiendan para la siembra las placas B28266 para apio, de tractores John Deere, ajustando al tamaño de la semilla. La velocidad de siembra estará entre 1/2 y 3 mph para el John Deere #33.

El tamaño de la planta se reduce a densidades altas en tanto que el rendimiento del grano aumenta. (Los campesinos deben consultar a los agrónomos acerca de esto y de las prácticas de fertilización recomendables, así como el uso de insecticidas y control de plagas y enfermedades).

Sólo las nuevas variedades mejoradas son mecanizables para la cosecha. Las variedades criollas deben aprovecharse, por ahora, manualmente, de acuerdo con técnicas tradicionales.

El secado del grano no se ha estudiado en detalle. El secado al sol es la práctica rural predominante en Guatemala, México y Perú. El control de la humedad de la semilla es importante para su procesamiento futuro, conservándose bien de 8-11% de humedad.

La limpieza de la semilla suele hacerse en forma primitiva por apaleo y tamizado, pero ya existen limpiadores mecánicos que permiten la mejor limpieza y la selección adecuada del grano.

Tomando en cuenta todas estas recomendaciones, puede decirse que el conocimiento agronómico actual ya permite vislumbrar que el cultivo del amaranto es altamente promisorio y que la industrialización del grano y las harinas derivadas de su molienda y procesamiento pueden dar origen a industrias alimentarias importantes utilizando la infraestructura ya existente o promoviendo la creación de microindustrias de amaranto ligadas a la utilización de los tres tipos de harinas que se producen actualmente (integral, con 15% de proteína, concentrado proteínico con 40% de proteína de alta calidad y contenido amiláceo con 80% de almidón de tipo especial).

PROBLEMAS ACTUALES QUE SE INVESTIGAN.

En casi todo el mundo se están estudiando actualmente los principales problemas agronómicos que limitan seriamente la producción en el campo, que se van reduciendo a medida que avanzan las investigaciones. El cuadro 1 muestra los centros y países que las realizan a mayor escala y el cuadro 2 las condiciones y los datos de las investigaciones en función de los rendimientos de grano. En algunos de estos centros se estudian también los residuos (hojas, tallos y cálices) respetando rendimientos, calidad bromatológica y usos en la alimentación humana y animal.

Por nuestra parte nos ocupamos solamente del grano respecto a los principales problemas actuales. En el cuadro 3 se resumen aquellos que han estado influyendo en el cultivo masivo y, por tanto, en la industrialización del grano. Cada uno de los 8 puntos que se indican revisten gran importancia, pero nos referimos en detalle solamente a los costos del cultivo y al precio de la semilla.

En el cuadro 4 puede apreciarse que los de México y Perú son, por ahora, los más bajos, quizá debido al bajo valor de la mano de obra y a la

devaluación de las respectivas monedas. En los Estados Unidos siguen siendo muy altos los precios del cultivo y, por tanto, de la semilla en las condiciones actuales de producción. En este país se calcula que será costeable cuando el precio por tonelada iguale al del trigo que, ahora, es de 80 dólares (uno de los más bajos del mundo, en tanto que en Arabia Saudita es de 350 dólares, quizá uno de los más altos del comercio internacional). Esto sugiere la gran oportunidad económico-social de los países del Tercer Mundo, especialmente de los latinoamericanos, para participar en el mercado mundial de granos con grandes ventajas comparativas respecto a costos del cultivo y valor de la semilla. Los cuadros 4 y 5 justifican esta aseveración.

Por lo que atañe a los productos de amaranto, que ahora están en el mercado en los Estados Unidos; los datos del cuadro 6 demuestran que los de México, Perú y Guatemala, que ahora se producen a muy pequeña escala, son mucho más baratos y de calidad semejante.

Desde el punto de vista socioeconómico importa, desde luego, el rendimiento de proteína por hectárea a disposición de los sectores marginados de la población tercermundista. Si el rendimiento de grano de la línea es de 2 000 Kg/Ha, en promedio, en las condiciones edafológicas y climatológicas de la mayoría de los países "periféricos" la disponibilidad teórica de proteína (15% en el grano) es de 300 Kg/Ha, lo que bastaría para satisfacer los requerimientos correspondientes a una familia de 6 personas durante todo el año. Sólo la soya estaría en la competencia, pero con las desventajas conocidas de esta oleaginosa.

Ni los productos animales de alto consumo (cuadro 7, datos de Pimentel y Pimentel, 1986) son tan eficientes en este sentido.

CUADRO No. 1

CENTROS QUE ESTUDIAN PROBLEMAS DEL CULTIVO DEL AMARANTO.

P A I S	I N S T I T U C I O N
Estados Unidos de Norteamérica.	Rodale Research Center. Univ. Calif. (Davis).
México.	INIFAP, C.P, UACH, ITESM, ICHIN y otros.
Guatemala	INCAP, Univ. S. Carlos.
Perú	CICA e Inst. Invest. Nutricionales.
Tailandia	Chiang Main Univ. e Inst. Sci and Technol.
Kenia	Univ. of Nairobi.
Venezuela	Fusagri.
India	(Dvsas. Univ. e Inst. de Invest.)
Colombia, Chile.	" " " "
Brasil, Argentina.	" " " "
Ecuador, Bolivia.	" " " "
Cuba y República Dominicana.	" " " "

CUADRO No. 2

SELECCION DE LINEAS DE AMARANTO EN SIETE PAISES.

País	Germoplasma (líneas)	Altitud (mmsm)	Precipitación (mm/año)	Fertilización	Rendimiento (Kg/ha)	Otros datos
E.U.A. (RRC)	Más de 1 500	Planicie de altitud media.	-----	40 - 50 N/Ha	1 600 - 2 600	Temporal y riego
Tailandia Chiang Mai Univ.	60	800	1 500	15:15:15	600 - 2 100	Temporal
Inst. Sci and Technol	60	1 300 260	1 500 1 392	(2 veces) 12.5 T/Ha estiércol + 625 Kg (NPK)	1 600 - 4 000 1 080 - 1 120	Temporal riego auxiliar 2 K sem/Ha
Perú (CICA)	Más de 600	1 200 220 - 240	2 300	Estiércol 6 T/Ha 80:80:80	2 000 - 4 500	4 K sem/Ha siembra sept-oct temporal
Guatemala (INCAP)	Más de 50	1 500 1 125	-----	12:24:12 (252 Kg y 400 Kg Urea 2875 Kg/Ha Estiércol)	1 500 - 3 800	Temporal y riego 5 Kg semilla/Ha
Kenia	Más de 100	2 000-2 300 1 500-1 800	-----	Fósforo diamónico 100 K/Ha	500 - 1 500	Lluvias cortas largas 2 Kg sem/Ha

México (INIFAP)	Más de 60	2 240 670	-----	80-40-00 100-50-00	2 000 - 4 500	Temporal y riego 2-4 Kg/Ha
Venezuela (FUSAGRI)	Más de 15	400 1 000	-----	Semejante a Guatemala	854 - 904 1 500	1.5 Kg sem/Ha siembra dic-ene

(Servicios para el agricultor)

CUADRO NO. 3
PROBLEMAS DEL CULTIVO E INDUSTRIALIZACION

-
1. Precio actual de la semilla.
 2. Limpieza y almacenaje del grano.
 3. Calidad de las harinas.
 4. Falta de créditos oportunos.
 5. Genética (Fitomejoramiento e Ingeniería Genética).
 6. Economía - Plantas piloto. Demanda a futuro.
 7. Voluntad política. Programas gubernamentales.
Mercadotecnia.
 8. Campañas nutricionales.
-

CUADRO NO. 4
COSTOS DEL CULTIVO EN VARIOS PAISES

Guatemala	Dolls	577/Ha	Semilla 0.68 Kilo
Perú	"	342/Ha	Semilla 0.29 - 0.50
Venezuela	"	-----	Semilla 0.30 - 0.60
E.U.A.	"	631/Ha	Semilla 0.86 - 3.40
Tailandia	"	805/Ha	Semilla 0.45 - 0.70
Kenia	"	1000/Ha	Semilla 12.0
México	"	155/Ha	Semilla 0.25 - 0.40

CUADRO NO. 5

COSTO APROXIMADO POR HECTÁREA PARA EL CULTIVO DE AMARANTO
LÍNEA 1011 y 1024 EN MÉXICO (INST. CHIHUAHUENSE DE NUTRICIÓN, 1986)

1. Barbecho	\$ 20,000.00*
2. Rastreo cruzado	20,000.00*
3. Nivelación	8,000.00*
4. Surcado	8,000.00*
5. Siembra (incluye precio semilla)	8,000.00*
6. Aclareo (2)	12,000.00
7. Fertilizantes (54 Kg de 18:46:00 y 144 Kg de urea)	10,200.00
8. Riego (2)	6,800.00
9. Deshierbes (2) manual	24,000.00
10. Aporques (3) tractor	15,000.00
11. Cosecha (manual y trilladora mecánica)	15,000.00
12. Plaguicidas (3 aplicaciones)	25,000.00**
13. Costales de polipropileno	4,000.00
14. Encostalado	2,000.00
TOTAL:	\$178,000.00

* Precios propuestos ante el Gabinete Agropecuario para 1987.

** Incluye insecticidas y un herbicida preemergente para evitar la invasión de maleza.

CUADRO NO. 6
 PRECIOS DE PRODUCTOS DE AMARANTO EN E.U.A.

Galletas	8.5 onzas	D11s	2.99	Kilo	D11s	12.18
Cereal	12.0 onzas	"	2.69	Kilo	"	7.74
Hojuelas	16.0 onzas	"	2.69	Kilo	"	5.38

CUADRO NO. 7
 COMPARACION DEL RENDIMIENTO DE PROTEÍNA (Kg/Ha)

Amaranto	300	(16 a 18 % prot)
Maíz	200	(8 a 10 % prot)
Trigo	250	(9 a 12 % prot)
Avena	300	(12 a 13 % prot)
Frijol	280	(20 a 22 % prot)
Soya	600	(38 % prot)
Pollo	186	
Huevo	104	
Cerdo	35	
Leche	114	
Carne	6	
Pescado	384	

Pimentel, 1983. Granos (excepto amaranto) y productos animales.

CUADRO NO. 8

DATOS NUTRICIONALES SOBRESALIENTES

Especies	Valor Químico	Calidad Relativa de la proteína	Lisina	Treonina	Cistina + Metionina
<u>A. cruentus</u>	73	83.6	5.1	3.4	4.0
<u>A. hypochondriacus</u>	81	82.8	5.5	3.6	4.7
<u>A. hybridus</u>	75	----	5.2	3.5	---
<u>A. caudatus</u>	72	84.3	5.3	3.5	4.7
Soya	68	----	6.0	4.5	3.0
Maíz	44	60.7	2.7	3.6	---
Trigo	57	70.2	3.1	3.1	3.5
Sorgo	48	71.4	---	---	4.3

CUADRO NO. 9

HARINA DE AMARANTO REQUERIDA PARA PRODUCTOS DE
TRICONSA EN LA CIUDAD DE MEXICO

PRODUCTOS	PIEZAS	HARINA DE AMARANTO REQUERIDA (T/año)
Bolillo	160 583 000	867
Galletas	60 000 000	138
Polvorón	15 026 000	33
T O T A L	235 609 400	1038

CUADRO NO. 10

CONSUMO POTENCIAL DE AMARANTO EN LA ELABORACION
DE PASTAS EN LA CIUDAD DE MEXICO

AÑO	PRODUCCION DE PASTAS T/año	TONELADAS DE AMARANTO REQUERIDAS HARINA	GRANO
1985	13 500	2 267	2 290
1986	23 880	4 010	4 050
1987	23 880	4 010	4 050
1988	23 880	4 010	4 050
1989	23 880	4 010	4 050

Torres, J.A., 1984

CUADRO NO. 11

CONSUMO POTENCIAL DE AMARANTO PARA LA PRODUCCION DE
PAN Y GALLETAS EN ICONSA (T/año)

AÑO	GALLETAS T/año	PAN T/año	AMARANTO REQUERIDO HARINA INTEGRAL	SEMILLA
1985	6 863	54 971	6 870	6 940
1986	6 863	54 971	6 870	6 940
1987	6 863	54 971	6 870	6 940
1988	13 726	50 579	7 800	7 880
1989	13 726	50 579	7 800	7 880

Torres, J.A., 1984

Todo lo anteriormente expuesto es muy alentador para los propósitos de promover a gran escala el cultivo del amaranto, pero es necesario advertir que hacen falta estudios más pormenorizados sobre otros problemas de producción desde el punto de vista económico-social, los tipos de comercio más adecuados, la organización productiva, el tipo de productores y consumidores, los problemas del consumo, el abasto y precio de otros insumos, así como los 8 aspectos principales que se señalaron en el cuadro 3.

Por otra parte, ya no es necesario insistir en las extraordinarias cualidades nutricionales no solamente del grano y de las harinas, sino también de las hojas y la planta entera. Como datos sobresalientes, los del cuadro 8, correspondientes a la harina integral de las 4 especies latinoamericanas de amaranto que se cultivan a pequeña escala, son muy demostrativos de su alta calidad alimentaria por su valor químico superior a otros granos, y comparable al de la leche por su notable contenido de 4 de los aminoácidos esenciales de la dieta humana. Los valores correspondientes a la eficiencia de la proteína de amaranto (PER, NPR y NPU), especialmente cuando el amaranto se mezcla con harinas de cereales o de algunas leguminosas, son comparables a los de la caseína.

Es preciso insistir en que debe prestarse mayor atención a la limpieza de la semilla, ya que la calidad de la que se encuentra en los lugares de mayor producción en la altiplanicie no es aceptable para la industrialización eficiente y, además, su precio actual no es el adecuado pues debe ser competitivo con el del maíz y la soya, por ejemplo.

En la empresa Arrowheea Mills, de los Estados Unidos, han encontrado (como bien lo sabemos en México) que nuestro grano de amaranto disponible es de baja calidad, por contener impurezas de varios tipos y restos de granos de otras especies, incluyendo las silvestres. Por nuestra parte, hemos detectado, además, la presencia de microorganismos indeseables y hasta heces fecales de roedores.

Es preciso, entonces, controlar perfectamente la calidad del grano y, por supuesto, la de la harina integral que ahora se produce, así como su aptitud real para las industrias a que se destina.

PROBLEMAS DE MERCADO.

En tanto se aborda a fondo el estudio de los problemas ya mencionados, surgen algunas consideraciones al respecto derivadas de la experiencia mexicana.

Tortilla. Uno de los productos más viables por el momento, para introducirse sin problemas al mercado nacional por conducto de la Conasupo (Compañía Nacional de Subsistencias Populares), es la tortilla de maíz enriquecida con amaranto, que vendría a reforzar el Programa Nacional de Alimentación (PRONAL) del gobierno actual. El consumo nacional de maíz sobrepasa la cifra de 8 millones de toneladas/año, por lo cual se necesitarían alrededor de 20 mil toneladas de harina de amaranto para enriquecer la

masa deshidratada de maíz denominada Mimsa, fabricada por empresas paraestatales y derivadas, en un volumen superior a 200 000 T/año. Otra empresa oficial, NUTRIMEX, usa soya texturizada para enriquecer la tortilla y quizá se interesaría también en el amaranto.

Bolillos, pan de caja y galletas. La empresa estatal TRICONSA nos ha apoyado en la producción de "bolillos" (el pan más popular en el país) y otros productos de trigo, y está dispuesta a lanzar los productos enriquecidos con harina de amaranto si el gobierno lo autoriza. Los requerimientos del amaranto para la producción de estos artículos se muestran en los cuadros 9, 10 y 11. Además, las empresas privadas y las panaderías, en total, requerirían cifras mucho más altas de harinas clasificadas de amaranto.

Pastas. Aunque el consumo de éstas es inferior al de los otros 2 productos básicos (tortillas y pan), se pueden lanzar al mercado las pastas cortas y largas que elabora la empresa paraestatal ICONSA, enriqueciéndolas con harinas y concentrados proteínicos amiláceos de amaranto. Para este objetivo se requerirían las cantidades de harina y grano que se indican en el cuadro 8.

Snacks (refrigerios, botanas y golosinas). Sabemos que existen empresas privadas que estudian la posibilidad de enriquecer con amaranto productos de este tipo que se producen en volúmenes considerables, así como modificar la presentación y distribución de la alegría, de palanquetas y otras golosinas a base de amaranto.

La potencialidad del mercado de estos productos es muy grande y el amaranto vendría a mejorar su valor nutricional. Lo mismo puede decirse de las hojuelas, expandidos y gelatinizados, etc..

Alimentos infantiles. Creemos que este renglón debe ser prioritario en el Tercer Mundo, por los altos índices de desnutrición infantil agravados como consecuencia de la grave crisis económica y la baja en el precio de las materias primas que produce.

La empresa PADSA, de Delicias Chih., está dispuesta a lanzar un producto soluble de harinas de avena y de amaranto que está sujeto a ampliar aplicación en niños de 2 o más años, que acompañaría al producto actual llamado "Soyaven" que distribuye a través de la cadena de tiendas de productos orgánicos y dietéticos para propósitos de mercado. La planta produciría 1 200 toneladas de alimento infantil por año y ya ha procedido a introducir y ampliar el cultivo del amaranto en la región, en colaboración con el Instituto Chihuahuense de Nutrición.

El precio de este alimento es inferior al de Soyaven y presenta algunas ventajas de aceptabilidad y valor nutricional. También el precio es inferior al de otros alimentos infantiles del mercado.

Harinas clasificadas. En el estado de Hidalgo se construirá este mismo año una planta productora de harinas clasificadas de amaranto (harina integral), concentrado proteínico y concentrado amiláceo, con una capacidad máxima de 4 000 toneladas anuales destinadas a diversos usos industriales.

Se empleará un procedimiento del autor de este trabajo, y sus objetivos socioeconómicos principales serán: a) promover el cultivo del amaranto; b) producir las harinas clasificadas mencionadas que representan un excelente valor nutricional y pueden emplearse en el enriquecimiento de diversos alimentos básicos; c) generar empleos en el campo y d) establecer la primera industria del amaranto en México, que despertará interés en el desarrollo de microindustrias complementarias y la ampliación de la producción en algunas de las industrias alimentarias ya existentes.

Los problemas de mercado de todos estos productos se irán resolviendo paulatinamente pero, además, se iniciarían programas publicitarios para acelerar el consumo.

Lo más importante, quizá, será establecer proyectos y planes interdisciplinarios e interinstitucionales perfectamente coordinados y supervisados, en el caso de que los organismos oficiales correspondientes tomen la decisión política de considerar al amaranto como un agente del mejoramiento nutricional y como factor recomendable en el desarrollo de agroindustrias de la alimentación y en la puesta en marcha de parte de los programas de desarrollo rural integral.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Becker, R., Wheeler, E.L., Lorenz, K., Stafford, A.E., Grosjean, O. K., Betschart, A.A. and Saunders, R.M. 1981 A compositional study of amaranth grain. J. Food Sci. 46: 1175.
- Betschart, A.A., Irving, D.W., Shepherd, A.D. and Saunders, R.M. 1981. Amaranthus cruentus: Milling characteristics. Distribution of nutrients within components and the effects of temperature on nutritional quality. J. Food Sci., 46: 1181
- Carlson, R. 1980. Quantity and quality of amaranthus grain from plants in temperature, cold and hot, and subtropical climates-A review. In: Proceedings of the Second Amaranth Conference, p. 48. Rodale Press Emmaus, PA.
- Del Valle, F.R., Sánchez-Marroquín, A., Escobedo M., Avitia R., Bourges, H., Maya S. and Vega M. Development and evolution of a lowcost infantil formula containing amaranth. Arch. Latinoamer. Nutr. (En prensa).
- Food and Agricultural Organization. 1973. Energy and protein requirement. Nutrition Meeting Report Series No. 52. FAO. Roma.
- Kauffman, C.S. and Haas, P.V. 1983. Grain amaranth: A crop with low water-requirements and high nutritional value: In: Environmentally Sound Agriculture. Ed. W. Lockeretz, p. 229. New York. Praeger Press.
- National Academy of Sciences. 1984 Amaranth: Modern Prospects for Ancient Crop. Washington, D.C. National Acad. Press.

- Pimentel, D. and Pimentel, M. 1983. Energy inputs and food supplies. Proc VI International Congress of Food Sci and Technol. Dublin, Sept 18-23. Vol. V. pp 133-143.
- Sánchez-Marroquín, A. 1980. Potencialidad Agroindustrial del Amaranto. México, D.F., Ed. Centro de Estudios Económicos y Sociales del III Mundo.
- Sánchez-Marroquín, A., Maya, S. and Pérez, J.L. 1979. Agroindustrial Potencial of Amaranth in México. Proc. Amaranth Conference. Emmaus, PA. Rodale Press, Inc p. 95.
- Sánchez-Marroquín, A., Maya, S. and Domingo, M.V. 1985. Milling Procedures and air classification of amaranth flour. Arch. Latinoamer. Nutr., 35(4): 620-630
- Sánchez-Marroquín, A., Pérez, J.L., Briones, F.J. y Kuri, J. 1984. Potencialidad de hoja de amaranto en la alimentación. Memoria del Ier. Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, Méx. Colegio de Post-Graduados. pp. 115-129.
- Sánchez-Marroquín, A., Del Valle, F., Escobedo, M., Maya, S., Avitia, R., and M. Vega. 1986. Evaluation of whole amaranth (A. cruentus) flour, its air-classified fractions, and blends of these with wheat and oats as possible components for infant formulas. J. Food Sci., 51: 1131-1235.
- Sánchez-Marroquín, A. 1984. Amaranth as an enriching product in staple foods. Proc. III Amaranth Conference. Emmaus, PA. p. 20-45.
- Sánchez-Marroquín, A., 1985. Amaranth as novel protein source in rainfed zones. Mem. International Conference on Sea and Arid Zones Resources. La Paz. B.C.S., México.
- Sánchez-Marroquín, A., 1986. Economic targets and constraints in the industrialization of Amaranth in Mexico. Cusco, Perú. NAS Meeting on Amaranth.
- Sánchez-Marroquín, A., Feria-Morales, A., Maya, S. and Ramos-Moreno, V. 1987. Processing, nutritional quality and sensory evaluation of amaranth enriched corn tortilla. J. Food. Sci.
- Sánchez-Marroquín, A. y S. Maya. 1978, Utilización integral del amaranto en la alimentación humana. Folleto Técnico. México. Srta. Agr. y Rec. Hidr.
- Saunders, R.M. and Becker, R. 1984. Amaranthus: A potencial food and feed resource. In: Adv. Cereal Sci. and Technology. Vol. VI St. Paul. MN. Ed. Y Pomeranz. Amer. Ass of Cereal Chem.
- Teutonico, R.A. and Knorr, D. 1985. Amaranth composition, properties and applications of a rediscovered food crop. Food Technol. 49-60.

POTENCIAL DE REVENTADO Y CALIDAD PROTEINICA DEL AMARANTO.

M. Gricelda Vázquez Carrillo*
Eduardo Espitia Rangel*
Alma Rosa Márquez Sánchez*

INTRODUCCION.

Desde tiempos prehispánicos el hombre utilizaba la semilla de amaranto en su alimentación, siendo el reventado el tratamiento más generalizado, previo a la ingesta; en menor escala se utilizaba en actos religiosos o para el tributo anual que, en la época de Moctezuma, llegó a 20 000 toneladas (Sauer, 1950). En la actualidad, la superficie sembrada difícilmente rebasa las 800 hectáreas (Espitia, 1987); sin embargo, su alta rusticidad, gran poder de adaptación a diferentes climas, suelos, temperaturas y bajos requerimientos de humedad, así como su alto valor nutricional han despertado gran interés por este cultivo.

Los cultivares de amaranto que actualmente se explotan en México conllevan una gran heterogeneidad genética que provoca bajos rendimientos agronómicos que se ven aún más mermados por prácticas de procesamiento inadecuadas, informándose que durante el reventado del grano los porcentajes de semilla subutilizada llegan a ser hasta del 38%. Lo anterior hace necesario obtener variedades mejoradas que ofrezcan mayores rendimientos y buena calidad industrial, comercial y nutricional.

En este estudio se caracterizaron y evaluaron 30 genotipos de amaranto, entre los que domina la especie *A. hypochondriacus* del tipo Mercado y Nepal, predominando materiales de semilla blanca. El objetivo propuesto fue evaluar los procesos de reventado tradicional y con aire caliente, y su efecto en el porcentaje proteínico de la semilla de amaranto.

REVISION DE LITERATURA.

En México la semilla de amaranto se ha empleado tradicionalmente en la elaboración de la golosina denominada "alegría", que se obtiene con el grano tostado en casa, procesado en el que no existe ningún control sobre tiempo o temperatura de reventado, contribuyendo a mayor desperdicio de materia prima y pérdidas de nutrientes (Bressani, 1984).

El reventado de la semilla de amaranto conlleva varios propósitos: impartir sabor, color y aroma agradables, mejorar la relación de eficiencia proteínica (PER) así como la digestibilidad y la destrucción de factores antifisiológicos, lo que hace más nutritiva a la semilla. Bershart *et al.*, 1981; Jaik y Tena, 1984; Sánchez-Marroquín, 1980, y Tena, 1984.

* Investigadores del CIFAP-Edo. de México. INIFAP. SARH.

Los resultados en el incremento del volumen de la semilla van desde 390% (Jaik y Tena, 1984) hasta 1050% (Teutonico y Knorr, 1985) con pérdidas variables de peso y nutrientes. Por otra parte, se ha comprobado que, cuando el reventado se efectúa con aire caliente, la calidad proteínica del producto se incrementa (Bressani, 1984).

El alto volumen de reventado del amaranto se atribuye al reducido tamaño de los gránulos de almidón (de una a 3 micras); a su forma esférica, angular o poligonal; a su bajo contenido de amilosa (7.2%), bajo poder de hinchazón, alta solubilidad, gran capacidad de retención de agua y alto rango de temperatura de gelatinización. Otros factores importantes en el volumen de expansión son: la humedad del grano en el momento del reventado, el tiempo y las condiciones de almacenamiento, la temperatura de reventado, la madurez de la semilla y el fenotipo de la planta. Lorenz, 1981; Mac Masters et al, 1955, y Waiker et al, 1970.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron 30 líneas endogámicas de la especie A. hypochondriacus del tipo Mercado y Nepal y A. cruentus tipo Mexicano. Tres genotipos son de semilla color dorado y el resto blanco, seleccionados en el programa de mejoramiento genético del CÍFAP-MEX y sembrados en Chapingo, Mex., que se encuentra a 19° 17' de latitud norte y 98° 53' de longitud oeste, a 2 249 msnm, con precipitación media anual de 670 mm y temperatura media de 15.2°C.

Reventado tradicional. Fue hecho por un productor de alegría, reventando 50 g de semilla sobre un comal de lámina calentado por un mechero de gas mientras aquella permanecía en el comal. Se removió constantemente con una escobeta de paja para evitar que se quemara; cuando había tomado un color blanquizo y no se encuchaba más el ruido del reventado, se retiraba del comal.

Reventado con aire caliente. Se realizó en un reventador de amaranto constuido por Dayton Electric Mfg. Co. U.S.A., en el que el grano es dosificado por un sinfin a la cámara de aire caliente (240°C), cuya velocidad sostiene a la semilla flotando durante 2-4 segundos tiempo suficiente para que reviente y, al mismo tiempo, se desplace hacia la salida del compartimiento caliente.

En ambos métodos, una vez fría la semilla se pasó por una malla de 1.0 mm (No. 16) de abertura, para cuantificar paso y volumen de semilla reventanda.

Las determinaciones de humedad y proteína se efectuaron según los métodos de la AOAC (1975). La lisina se cuantificó con el método cromatográfico de intercambio iónico (AOAC, 1975). Las valoraciones de color se hicieron en un colorímetro de reflectancia Hunterlab (1976).

Todos los datos se obtuvieron por duplicado, analizándose con un diseño experimental de parcelas divididas en las que la parcela grande representaba los métodos de reventado y la chica los genotipos. Los paráme-

tros con diferencia significativa se ordenaron con la prueba de Tuckey de comparación de medidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de color en semillas indicó diferencias entre genotipos con una significancia de $\alpha = 0.05$. Las líneas 8-1-3 tipo Mercado: 78S-125-1-2 y 78S-267 tipo Nepal, de la especie A. hypochondriacus, y 1018-A y 1018-B-5 de A. cruentus del Mexicano fueron los de color más claro, mientras que el genotipo 153-5-1, tipo Mercado, presentó la cubierta de color más oscuro.

En la humedad de granos crudos se encontraron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre genotipos, siendo esos contenidos de agua ($\bar{x} = 8.2\%$) con los que la semilla se reventó en los dos métodos de estudio.

Al analizar el efecto del método de reventado en la humedad final de la semilla expandida, se encontró que con el método tradicional se elimina menos agua (23.8%) que con el de aire caliente (33.8%), lo que reduce en la misma proporción el peso de la semilla reventada.

En el parámetro de rendimiento de semilla reventada se observó una diferencia significativa en el método de reventado, proporcionando el aire caliente los mayores rendimientos (93.0%), mientras que el reventado en comal arrojó una medida global de 77.0%. En ambos métodos de reventado se observó que las semillas que no expandían generalmente eran las muy densas, vanas o de un tamaño muy reducido (menos de 1 mm), lo cual pudiera atribuirse a malformación o inmadurez del grano. El reventado con aire caliente tuvo un promedio de semilla sin reventar de 5.0%, mientras que el reventado en comal fue de 11.0%.

El volumen de semilla cruda mostró una correlación inversa (-0.98) con el volumen de la semilla reventada, indicando que los mayores volúmenes de semilla expandida se obtienen de semillas pequeñas que tiene menor volumen en crudo.

En todos los casos el reventado con aire caliente proporcionó mayores volúmenes de semilla reventada ($\bar{x} = 62.4$ cc)* que el método tradicional ($\bar{x} = 46.2$ cc)*, correspondiéndoles incrementos de 613% y 424% respectivamente, siendo superiores a los informados por otros autores.

La correlación entre rendimientos y volumen de semilla reventada fue de 0.94, por lo que es posible evaluar potencial de reventado expandida.

Por volumen de semilla reventadas sobresalen los siguientes genotipos: 78S -125-2-4 tipo Nepal, así como 153-5-3 y 8-1-3 tipo Mercado, todos de la especie A. hypochondriacus.

* En 10 g de semilla.

En el contenido proteínico de la semilla cruda se encontraron diferencias significativas ($\sigma = 0.05$) entre genotipos. Destacan las líneas de *A. hypochondriacus* 139-2; 10-2-14 y la 78S 82.2 cuyas proporciones de proteína superan a las encontradas en investigaciones anteriores. Becker et al, 1981; Food and Agriculture Organization, 1972; Lorenz 1981; Mac Masters et al (1955) y Sauer 1950.

En el porcentaje proteínico de las semillas reventadas se encontraron diferencias significativas, según el método de reventado, entre genotipos y sus interacciones, correspondiendo los mayores valores al reventado con aire caliente ($\bar{x} = 18.0\%$). Los aparentes incrementos en el contenido proteínico de la semilla reventada (figura 1a) pudieran deberse a la reducción en el contenido de fibra, ya que parte de la cubierta fibrosa se pierde durante el reventado propiciando que el resto de los constituyentes se concentre en porcentaje.

Se encontró una correlación de 0.81 entre el contenido proteínico de la semilla cruda y la reventada, observándose incrementos proteínicos de 7.0% en el reventado con aire caliente y 5.0% en el procesado en comal, siendo semejantes a los encontrados por otros autores (Bershart et al, 1981 y Food and Agriculture Organization, 1972).

Con el propósito de inferir calidad nutricional de los materiales en estudio, se determinaron los contenidos de lisina en grano crudo y en granos reventados, encontrando diferencias significativas según el método de reventado y los genotipos. En la figura 1b, puede observarse que ambos tratamientos térmicos reducen los contenidos de lisina; sin embargo, el reventado con aire caliente resulta menos perjudicial que el método tradicional. Es importante resaltar que los contenidos de lisina en semilla de amaranto son extraordinariamente altos ($\bar{x} = 0.82$), lo cual se evidencia al compararlos con maíz ($\bar{x} = 0.23$), trigo ($\bar{x} = 0.33$) y arroz ($\bar{x} = 0.28$), entre otros. (Food and Agriculture Organization, 1972).

CONCLUSIONES.

Las semillas fisiológicamente maduras y de menor tamaño proporcionan los mayores volúmenes de grano reventado.

El reventado con aire caliente da mayores rendimientos de semilla expandida y menos semillas subutilizadas que el reventado en comal.

El contenido proteínico del producto final se ve afectado por el método de reventado, obteniéndose mejores resultados con el reventado a base de aire caliente.

El amaranto, por sí solo, constituye un extraordinario alimento para humanos, ya que la cantidad de lisina que aporta se aproxima a las recomendaciones de FAO/WHO. (Food and Agriculture Organization, 1972 y Pedersen et al, 1987).

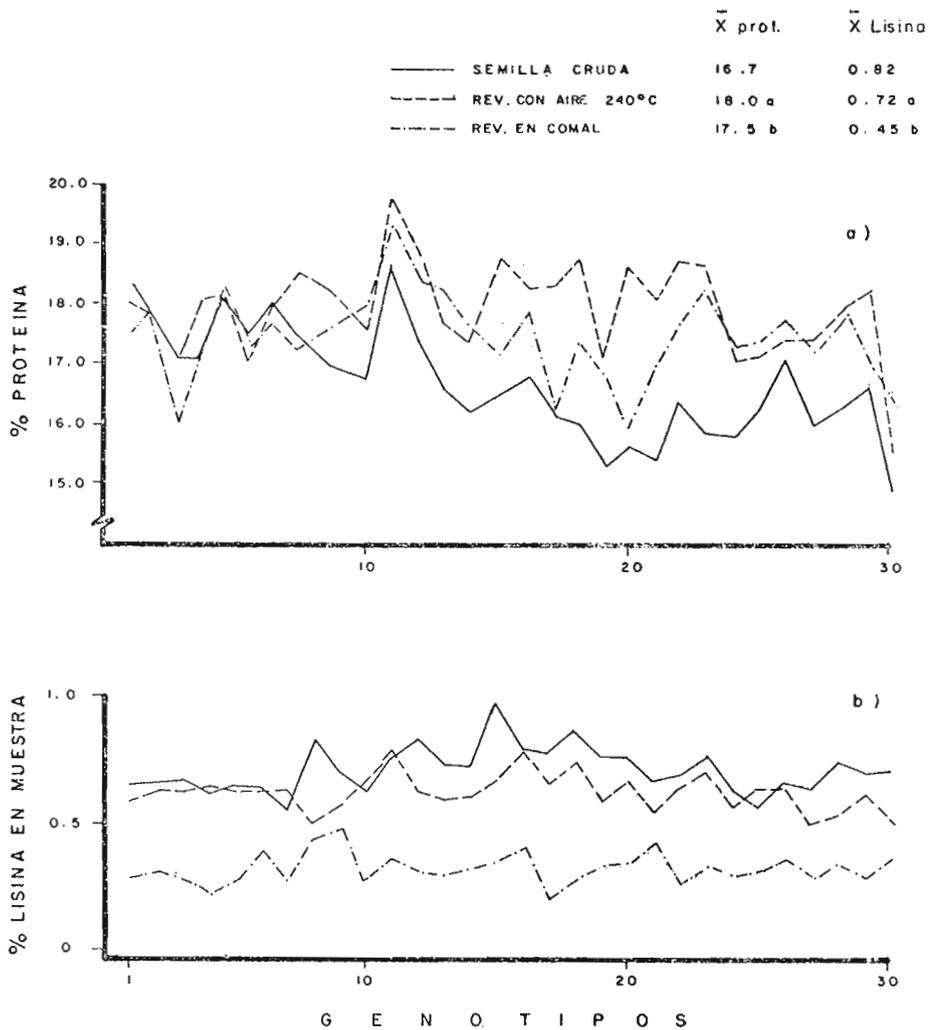


FIGURA I. CONTENIDOS DE PROTEINA Y LISINA EN 30 GENOTIPOS DE AMARANTO, SEMBRADOS EN CHAPINGO, MEX.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1975 Oficial methods of analysis. Washington, D.C. Ed Horwitz, William. p 137, 222.
- Becker, R., E.L. Wheeler, K. Lorenz, A.E. Stafford, O.K. Grosjean, A.A. Betschart and R.M. Saunders. 1981. A. Compositional Study of Amaranth Grain. J. Food Sci. 46.
- Bershart, A.A., D.W. Irwing, A.D. Shepherd and P.M. Sounders. 1981. Amaranthus cruentus: Milling characteristics, Distribution of Nutrients within Seed Components, and the Effects of Temperature on Nutritional Quality. J. Food Sci. 46.
- Bressani, R. 1984. Efecto del procesamiento térmico húmedo o seco sobre la calidad proteínica del grano de amaranto. En: Memoria del Primer Seminario Nacional del Amaranto (Vol. 1) Chapingo, México.
- Espitia R.E. 1987. Evaluación de 30 genotipos de amaranto en cuatro localidades de la mesa central. Coloquio Nacional del Amaranto. México.
- _____ 1986. Informe final sobre estudios agronómicos de Amaranto en México. Convenio INIA-NAS-CAEVAMEX-CIFAPMEX-INIFAP, Chapingo, México, 50 p.
- Food and Agriculture Organization 1972. Energy and proteins requirements, Report of a Joint FAO/WHO Expert Commitec on Energy and Proteins Requirements. Nutr. Rep. Ser. 52 FAO. Rome.
- Hunterlab Colorimeter. 1976. Instruction Manual Model D-25, L-2 Reston, Virginia.
- Jaik, A.D. y J.A. Tena. 1984. Optimización del proceso de tostado de la semilla de alegría (Amaranthus hypochondriacus) y diseño de un prototipo de tostadora, En: Memoria del Primer Seminario Nacional del Amaranto (Vol. 1), Chapingo, México.
- Lorenz, K. 1981. Amaranthus hypochondriacus characteristics of the starch and baking potential of the flour starch/starke 36 (181) Nr⁵ 149-153.
- Mac Masters, M.M. P.D. Baird, M.M Holzappel and C.E. Rist. 1985. Preparation of Starch from Amaranthus cruentus seed. Econ. Bot. 9 (3).
- Pedersen, B.L.S. Kalinowski and B.O. Eggum. 1987. The nutritive value of amaranth grain (Amaranthus caudatus) 1. Proteina and minerals of raw and Processed grain. Qual Plant Foods Hum Nutr. 36.

- Sánchez-Marroquín, A. 1980. Potencialidad Agroindustrial del Amaranto. México. Centro de Estudios Económicos Sociales del Tercero Mundo.
- Sauer, D. 1950. The grain amaranths: a survey of their history and classification. Annals Missouri Bot. Gardens 37 (4).
- Tena. F.J.A. 1984. Calidad de la proteína del amaranto predecida por el ensayo del C-PER. En: Memoria del Primer Seminario Nacional del Amaranto (Vol. 2) Chapingo, México.
- Teutonico, R.A. and D. Knorr 1985. Amaranth: Composition, properties and applications of a rediscovered food crop. Food Tech, 49.
- Waiker, H.G., W.C. Rockwell and G.O. Kohler 1970. Preparation and evaluation of popped grains for use. Cereal Chem. 47.

PROCESAMIENTO DE AMARANTO EN UN LECHO FLUIDIZADO

Edmundo Brito de la Fuente
y Raúl Tovar Gálvez*

INTRODUCCION.

Evidencias históricas han mostrado la gran importancia que ha tenido el consumo de amaranto en México y Centroamérica (Vietmeyer et al 1986 y León Portilla, 1983). Después de la Conquista el cultivo fue prácticamente suprimido, y actualmente es difícil saber con precisión el número de hectáreas sembradas, aunque algunos autores (Sánchez Marroquín y Maya 1985), estiman que no sobrepasan las 500 Ha.

El alto valor nutricional del amaranto está fuera de toda duda, hecho en el que coincide la mayoría de los autores (Becker y Saunders 1984 y Bressani 1984). Sin embargo, también concuerdan en que este valor nutricional puede ser modificado en función del tratamiento que sufra la semilla. Tratamientos técnicos severos tienden a reducir los altos valores de lisina, aminoácido esencial presente en altas proporciones en el amaranto.

Infortunadamente, las actuales técnicas o métodos de procesamiento del amaranto implican tratamientos térmicos severos. Además, no existen, a la fecha, tecnologías reportadas, para el procesamiento continuo de este grano, que impliquen retención de los principales componentes nutricionales de él. Lo anterior se traduce en una incapacidad en términos de producción que haga frente a un gran mercado potencial, además del deterioro nutricional del grano.

De 10 años a la fecha se ha observado en México un resurgimiento del amaranto orientado hacia el consumo humano, aunque su principal forma de consumo actual sea reventado y mezclado con mieles de azúcar o de abeja para constituir las llamadas "alegrías".

Uno de los principales problemas para el consumo popular es poder reventar la semilla en cantidades semi o industriales (3-5 Ton/día). Actualmente, el reventado se sigue efectuado de manera tradicional, esto es, en comales calientes, con la consecuente incapacidad de sostener una demanda industrial, ciertamente no para la elaboración de alegrías, sino para crear un universo de productos derivado de las reconocidas propiedades de panificación con que cuenta la harina de amaranto (Sánchez Marroquín y Maya, 1985 y Sánchez Marroquín et al 1986).

* Departamento de Alimentos, División de Ingeniería, Facultad de Química, UNAM.

Aunado al problema de una tecnología de reventado a nivel continuo e industrial, el procesamiento de la semilla presenta otro problema, la limpieza del grano después de su cosecha. Actualmente el grano se limpia de manera discontinua, esto es, por lotes, haciéndolo pasar por una serie de cribas, en el mejor de los casos. En otros, el grano se pasa manualmente de un lado a otro y mediante este "venteo" natural se espera que se limpie. Ciertamente, ambos procedimientos resultan inadecuados si se pretende producir a escala industrial.

En el presente trabajo se aplicaron los conceptos de fluidización, operación tipificada en las áreas de ingeniería química y de alimentos, para separar la semilla de amaranto de la basura y probar si tanto la operación de limpieza como la de reventado son factibles como operaciones continuas.

MATERIALES Y METODOS.

Materia Prima

Amaranto (A. hypochondriacus) encostalado y almacenado en una bodega del estado de Morelos fue utilizado en este trabajo.

Fluidización

El equipo de fluidización empleado en el presente trabajo ha sido descrito con anterioridad (Figueroa, Tovar y Brito 1988) y se esquematiza en la Fig. 1.

Tamaño de partícula

El tamaño y la forma de la semilla de amaranto fueron determinados por el método de clasificación granulométrica (A.O.A.C., 1970).

Densidad aparente

Las densidades aparentes tanto de semillas crudas como reventadas, fueron determinadas por el método de aforo con petróleo (A.O.A.C., 1970).

Reventado

Amaranto reventado de manera tradicional fue utilizado para la caracterización hidrodinámica del lecho fluidizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las densidades aparentes promedio de semilla cruda y semilla reventada fueron: $1.34 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$ y $0.92 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$, respectivamente. Esta diferencia

de densidades sugiere que es factible la limpieza de la semilla utilizando fluidización. La densidad aparente promedio de semillas reventadas fue de: $0.30 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. Este último valor es 77% menor que el de la semilla cruda, lo que permite asegurar una separación más eficiente entre la semilla cruda y la reventada, mediante lecho fluidizado.

A partir de los datos granulométricos se determinaron las esfericidades y los diámetros promedio de semillas tanto crudas como reventadas. Para semilla cruda la esfericidad promedio fue de 0.9925, esto es, casi una geometría esférica. Por otro lado, para la semilla reventada el valor fue de 0.1683. Los diámetros promedios para semillas crudas y reventadas fueron: 1.0648×10^{-3} y 1.3389×10^{-3} m, respectivamente. La heterogeneidad de la basura hizo difícil su asociación con geometría específica alguna; sin embargo, en promedio, el 20% en peso de las muestras está constituido por basura. Se debe señalar que este último dato es propio de las condiciones de cosecha y manejo de la semilla.

El comportamiento hidrodinámico de un lecho fluidizado se estudia por medio de las variables caída de presión a través de lecho, y velocidad del aire. En función de estas variables el lecho de sólidos se comporta como fijo, fluidizado o en transporte neumático.

Un criterio muy importante para saber de antemano la posibilidad de alcanzar la separación empleando sistemas de lecho fluidizado, es el relacionado con las diferencias de velocidad mínima de fluidización de los componentes que se desea separar. La velocidad mínima de fluidización, V_{mf} , es la velocidad a la cual la caída de presión se vuelve constante, como se señala en la Fig. 2, y la velocidad terminal V_t es aquella con la que da inicio el transporte neumático (Kunii y Levenspiel 1977). Los resultados obtenidos en el equipo de fluidización descrito, tanto para semilla sin reventar como reventadas, son resumidos en la Tabla 1.

Los datos experimentales demostraron que, en el rango empleado de la relación altura del lecho, L , y diámetro de la columna D ($L/D=1$; $L/D=2$), no existe influencia de la carga o altura del lecho sobre las velocidades de fluidización. La diferencia entre las velocidades mínimas de fluidización de semillas crudas y reventadas es atribuible a la diferencia de densidades entre ambas semillas. La velocidad mínima de fluidización de la basura no se determinó debido a su conformación heterogénea y difícil manejo. Sin embargo, es posible la separación de la basura con eficiencias mayores al 90%, empleando velocidades cercanas a la velocidad terminal de la semilla.

CONCLUSIONES.

La fluidización es una operación que puede ser empleada para limpiar continuamente la semilla de amaranto, con altas eficiencias. De igual manera, se probó que se puede separar continuamente semilla reventada de semilla cruda, lo que permite asegurar que el reventado continuo, mediante fluidización, es factible.

TABLA 1

RESULTADOS DE VELOCIDADES DE FLUIDIZACIÓN DE SEMILLAS CRUDAS Y REVENTADAS DE AMARANTO.

	SEMILLAS SIN REVENTAR		SEMILLAS REVENTADAS	
	2.5	5.0	2.5	5.0
Diámetro de la columna (cm)	2.5	5.0	2.5	5.0
Velocidad mínima de fluidización, v_{mf} (m/seg)	0.60	0.49	0.49	0.36
Velocidad terminal v_t (m/seg)	2.5	1.93	1.65	1.05

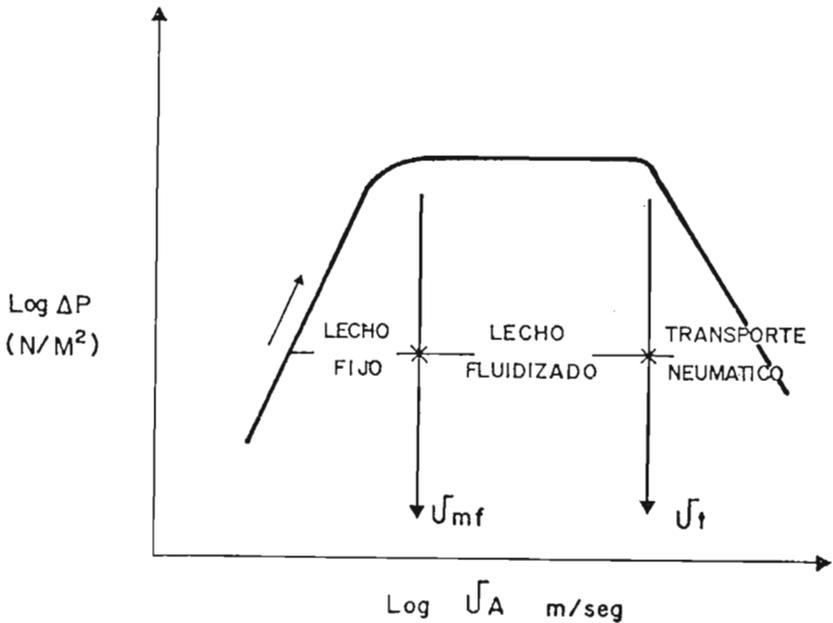


fig 2. Caída de presión versus velocidad de gas para un lecho de partículas uniformes

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Association of Official Analytical Chemist (A.O.A.C). 1970. Official Methods of Analysis. 11a. Ed. Washington, D.C.
- Becker, R. and Saunders, R.M. 1984. "Amaranthus: A Potential Food and Feed Resource". In: Advances in Cereal Science and Technology. V. VI (Ed.) Y. Pomeranz. Amer. Assoc. of Cereal Chem. St. Paul, MN.
- Bressani, R. 1984. Efecto del procesamiento térmico húmedo o seco sobre la calidad proteínica del grano de amaranto. Memorias: I Seminario Nacional del Amaranto. U.A. Chapingo. México.
- Figueroa, S., Tovar, L.R. y Brito, E. 1988. Fluidization of Amaranth Seeds. Enviado para su publicación. J. Food Engineering
- Kunii, D. and Levenspiel, O. 1977. Fluidization Engineering. R.E. Krieger Pub. Co., Huntillgton, N.Y.
- León Portilla, M. 1983. De Teotihuacan a los aztecas. Fuentes e interpretaciones históricas. Lecturas Universitarias No. 11, Ed. UNAM.
- Sánchez Marroquín, A. and S. Maya 1985. Integral utilization of amaranth in human nutrition. Annual Progress Report to National Academy of Sciences (BOSTIO) NAS-INIA Agreement of Amaranth. México, D.F.
- Sánchez Marroquín, A., Del Valle, F., Escobedo, M., Maya, S. y Vega, M. 1986. Evaluation of whole amaranth flour. J. Food Sci. V. 51, 1231
- Soriano, J. 1987. Lisina reactiva y valor biológico de semillas procesadas de A. hypochondriacus. Tesis de Maestría en Ciencia de Alimentos, Facultad de Química, UNAM, México.
- Vietmeyer, N.D., Lesser-Known, 1986. Plants of Potential Use in Agriculture and Forestry. Science V. 232, p. 1379.

DESARROLLO DE UN ALIMENTO TIPO PURE, PARA INFANTES, CON BASE EN AMARANTO

Martha Lazcano S.
Josefina Morales L.
Norma Rico N.*

En el Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán, se estableció desde hace varios años una línea de investigación específicamente dedicada al desarrollo de alimentos infantiles. Dentro de este contexto se planteó la alternativa de utilizar el amaranto para aprovechar esta semilla y diversificar su empleo actual que, básicamente, consiste en la elaboración del conocido dulce de "alegría".

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar un alimento tipo papilla para infantes, con base en amaranto (reventado, integral y germinado), que reuniera las siguientes características:

- a) Un contenido de proteína de 5 - 7 g/100 g.
- b) Un contenido de fibra cruda con un máximo de 2 g/100 g.
- c) Una relación de lisina y aminoácidos azufrados, mínima de 80% con respecto al patrón provisional FAO/OMS 73.
- d) Una calidad sanitaria de acuerdo con la norma (Dirección General de Normas, 1980).
- e) Una vida de anaquel no menor de un mes, bajo condiciones ambiente de la Ciudad de México (50% HR y 23-22°C).

METODOLOGIA

Se utilizaron como materias primas semilla de amaranto variedad A. hypochondriacus, harina de trigo, harina de soya desgrasada y concentrado de fruta de 60°Brix, sabores pera y durazno. Se obtuvieron 3 diferentes lotes de harina de amaranto: reventado, integral y germinado.

Se diseñaron combinaciones de harina de amaranto con harina de soya desgrasada y trigo para obtener mezclas proteínicas con una relación de lisina y aminoácidos azufrados mínima del 80% respecto al patrón provisional FAO/OMS 73, un contenido de proteína entre 20-23 g/100g y una energía mínima de 340 kcal/100g.

Las mezclas base se adicionaron con diferentes ingredientes: agua, acidulantes, espesantes y concentrado de fruta. Se elaboraron 54 formulaciones en las cuales se varió la concentración de mezcla base de un 30 a un

* Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán.

40% en peso (base seca), así como la de concentrado de fruta de un 40 a un 50% y de espesantes como goma guar y goma de algarrobo de un 0.05 a 0.01% y maltodextrinas (30% D.E.) de un 0.1 a 0.5%.

Las fórmulas desarrolladas se evaluaron por medio de análisis bromatológicos, fisicoquímicos, microbiológicos, antifisiológicos y sensoriales.

RESULTADOS Y DISCUSION.

En cuanto a la calificación química y contenido de proteína y energía de las mezclas base se observó que se cumplió con una relación amaranto-soya-trigo 70:20:10, estas mezclas, además, no presentaron deficiencia en leucina (aminoácido limitante en el amaranto). Se destacó especialmente la mezcla que contenía amaranto germinado, por presentar una calificación química superior al 80% para lisina y superior al 100% para aminoácidos azufrados. Con estas mezclas se elaboraron formulaciones con 30, 35 y 40 g/100 g de mezcla base, para evaluar si la formulación requería de la adición de espesantes. Las fórmulas de amaranto reventado, así como las de amaranto integral presentaron comportamientos similares; esto es, con una concentración de mezcla base del 40%, la viscosidad fue 2 veces superior al valor al que se deseaba llegar (Whitehouse, 1977) (22 000 - 25 000 cps), mientras que a niveles de 30 y 35% de mezcla base se requirió de la adición de espesantes, ya que los valores oscilaban entre los 16 000 a 19 000 cps. La evaluación sensorial preliminar demostró que la cantidad de mezcla base en la formulación es importante para lograr características sensoriales más agradables, ya que a mayor proporción de mezcla se hace evidente una consistencia "arenosa".

Desikachar (1981), observó que se pueden realizar modificaciones en la viscosidad de productos amiláceos, destinados a la alimentación infantil, con un adecuado ajuste de las condiciones de procesamiento o por la utilización de almidones modificados. En el presente estudio dichos almidones se producen durante la "germinación", ya que en esta etapa se activan diversas enzimas, principalmente la α - amilasa que desdobra los enlaces glucosídicos α 1,4 produciéndose una "dextrina límite" con la consecuente reducción de la viscosidad, de tal manera que, para el amaranto germinado, con 40% de mezcla base se logró la viscosidad deseada en las papillas. Esto permitió mayor aporte proteínico en la formulación y mayor densidad energética (kcal/volumen).

Entre los espesantes estudiados se observó que, las fórmulas adicionadas con goma de algarrobo obtuvieron valores de viscosidad entre los 25 900 a 38 000 cps; con maltodextrinas (33% D.E.) los valores fueron de 17 200 a 18 700 cps, mientras que con goma guar se lograron valores dentro de lo establecido.

Por lo anterior, para las presentaciones integral y reventado se eligió la goma guar a una concentración del 0.1%, y para el caso del germinado no fue necesario adicionar espesante. La evaluación sensorial preliminar demostró que a un pH menor a 4.3 los jueces detectaron un sabor "fuertemente ácido", por lo que la concentración de acidulante (ácido cí-

trico) se mantuvo constante a 0.7 g/100 g.

EVALUACION DE LOS PRODUCTOS.

Las papillas desarrolladas en este estudio presentaron un contenido de proteína y lípidos hasta 3 veces superiores a un producto comercial. Los análisis microbiológicos mostraron que los productos se encontraron libres de microorganismos patógenos; las cuentas bacterianas concuerdan con lo establecido en la Norma Oficial para Alimentos dirigidos a la Población Infantil (1972).

Los resultados de la evaluación sensorial mostraron valores, tanto para sabor como para consistencia, por arriba de 7 que corresponde a "bueno". Sin embargo, la prueba de preferencia por ordenamiento indicó que la papilla de amaranto reventado fue la que más agradó a los jueces. No se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.5$) entre las papillas de amaranto germinado e integral, pero sí entre éstas y la de amaranto reventado.

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten visualizar promisoriamente la utilización de la semilla de amaranto en la alimentación infantil.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- American Association of Cereals Chemists 1969. Approved Methods of AACC. The Association St. Paul Minn.
- Association of Analytical Chemist's (A.O.A.C.) 1975. Official Methods of Analysis, 12th Ed. Washington, D.C.
- Desikachar, H.S.R. 1981. Development of Weaning Foods with High Caloric Density and Low Hot-Paste Viscosity Using Traditional Technologies. Food and Nutrition Bulletin 2(4).
- Dirección General de Normas. 1972. Norma Oficial de Calidad de la Leche para Lactantes. NOM-P-218.
- Whitehouse, Ch, S. 1977. Procedimiento para la Elaboración y Evaluación de un Alimento Infantil tipo Papilla. Tesis, U.I.A.

DESARROLLO DE UNA BARRA TROQUELADA PARA NIÑOS, CON BASE EN AMARANTO

Norma Rico N.
Josefina Morales L.
Rosario Doria U.*

La población infantil en edad preescolar y escolar incluye en su alimentación diaria gran variedad de dulces y golosinas como chocolates, refrescos, caramelos, frituras, etc.. Dentro de esta línea de productos existen también los productos "troquelados" en forma de "barras", que constituyen productos de fácil manejo y larga vida de anaquel que, básicamente, aportan energía.

Una materia prima viable para el desarrollo de productos dentro de la línea de las golosinas es la semilla de amaranto. La importancia nutricional del amaranto radica en su mayor calidad y cantidad de proteínas que los cereales, por lo que al combinarlos con éstos y con leguminosas se obtiene una complementación adecuada.

Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar una "barra troquelada" con base en amaranto, cereales y leguminosas que presente un contenido de proteína mínimo de 13 g/100 g, una calificación química superior al 80% con relación al patrón provisional de la FAO/OMS de 1973, y que sensorialmente sea aceptado con una calificación mayor a 5, aplicando una escala hedónica de 1 a 7.

MATERIALES Y METODOS.

Las materias primas (semilla de amaranto, avena precocida, cacahuate y ajonjolí) se caracterizaron mediante análisis bromatológicos.

Se seleccionaron como materias primas para la elaboración de la mezcla ligante, miel de abeja, azúcar morena, glucosa, aceite vegetal, lecitina y canela en polvo.

Se calcularon mezclas base obteniendo la de calificación química (Block and Mitchell, 1946), para la cual se consideró el contenido de proteína, aminoácidos, lípidos e hidratos de carbono de las materias primas.

Con base en los procedimientos informados en la literatura (Gillies, 1979; Gutcho 1979 y Robbins, 1976), se estableció que las mezclas ligantes debían presentar una concentración de sólidos del 80% y una viscosidad entre 5 000 y 25 000 cps. Paralelamente se determinaron las condiciones de elaboración de la mezcla ligante.

A partir de las mezclas base y las mezclas ligantes seleccionadas, se elaboraron barras siguiendo el diagrama de la figura 1. Las barras ela-

* Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán.

boradas se evaluaron en cuanto a sus características físicas, microbiológicas, sensoriales y de composición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las mezclas base presentaron contenidos de proteína superiores al 15%; el porcentaje de aminoácidos limitantes (lisina, a azufrados) fue superior al 80% con respecto al patrón provisional de la FAO/OMS 1973. Al combinar el amaranto con otras fuentes de proteína, el contenido de lisina se incrementa mejorando la relación cuantitativa de este aminoácido en las mezclas.

Durante la elaboración de la mezcla ligante se observó que las mezclas con mayor proporción de jarabe de sacarosa incrementaron la dureza del producto debido a la cristalización de la sacarosa, mientras que las mezclas con mayor proporción de miel de abeja resultaron más suaves.

Con base en características sensoriales (sabor y textura) y costo se seleccionó la mezcla de jarabe de sacarosa-glucosa-miel de abeja y aceite vegetal en una proporción 60:20:12:8 para continuar con el estudio.

En el cuadro 1 se observa que las "barras troqueladas" elaboradas con las mezclas base avena-amaranto-cacahuete-ajonjolí, presentaron contenidos de proteínas superiores a 14 g/100 g, mientras que la mezcla avena-amaranto-cacahuete-ajonjolí presentó un contenido de proteína cercano a 13 g/100 g. Al comparar estos valores con un producto comercial se observa que la barra desarrollada en este estudio presenta un contenido de proteína significativamente mayor (aproximadamente 1.4 veces más).

Los resultados del análisis microbiológico mostraron valores de la cuenta de bacterias mesofílicas aerobias de 40 col/g para la barra elaborada con avena-amaranto-cacahuete, y de 2 200 y 280 para las elaboradas con las mezclas amaranto-ajonjolí-cacahuete y avena-amaranto-ajonjolí-cacahuete, respectivamente. Asimismo, los productos presentaron cuenta de hongos y levaduras de 0 col/g y cuenta de organismos coliformes negativos. Debido a que no existe ninguna norma oficial para "barras troqueladas", se tomaron como referencias las normas establecidas para cereales precocidos para infantes (Dirección General de Normas, 1980).

Los valores que presentaron los productos desarrollados resultaron bajos en relación con los que establece dicha norma, por lo cual se considera que los productos desarrollados son aptos para consumo humano.

Se observó que la barra elaborada con la mezcla avena (50)-amaranto (25)-cacahuete (25) reunió las características planteadas en los objetivos del estudio, por lo cual se seleccionó ésta como la mejor mezcla base.

Los resultados de la evaluación sensorial mostraron calificaciones superiores a 5 para los atributos de apariencia, textura, color, sabor y preferencia total.

En conclusión, se desarrolló un producto troquelado en forma de barra, con características de calidad y cantidad de proteína superiores a productos similares actualmente en el mercado.

El producto desarrollado se presenta como una alternativa para mejorar la alimentación complementaria del niño en edad escolar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Block and Mitchell, H.H. 1946. The correlation of the Amino acid composition of proteins with their nutritive value. Nut. Abs. Rev. 16. USA
- Dirección General de Normas. Norma Oficial para Cereales Precocidos para Infantes. NOM-F-350-S-1980. Méx.
- Gillies. 1979. Candies and other confection. Recent Development Food Technology Review No. 51 Noyes Data Corporation. USA.
- Gutcho. 1979. Edible Fats and Oils. Recent Development Food Technology Review No. 49 Noyes Data Corporation. USA.
- Robbins. 1976. Recent Tecnology. Food Technology Review No. 37, Noyes Data Corporation. USA.

C U A D R O 1

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS BARRAS DESARROLLADAS Y UNA COMERCIAL.

FORMULACIÓN CON LA MEZCLA BASE	(g)	HUMEDAD	PROTEÍNA CRUDA	LÍPIDOS	CENIZAS	FIBRA CRUDA	HIDRATOS DE CARBONO
Avena	50.28						
Amaranto	25.35	5.3	14.7	18.3	1.4	1.3	60.4
Cacahuete	24.37						
Amaranto	51.04						
Ajonjolí	23.18	4.8	14.1	23.1	2.1	2.3	56.0
Cacahuete	25.77						
Avena	35.75						
Amaranto	34.41	4.3	12.9	19.3	1.8	1.7	61.7
Cacahuete	16.92						
Ajonjolí	12.90						
Comercial		4.2	8.3	17.7	2.1	1.3	66.4

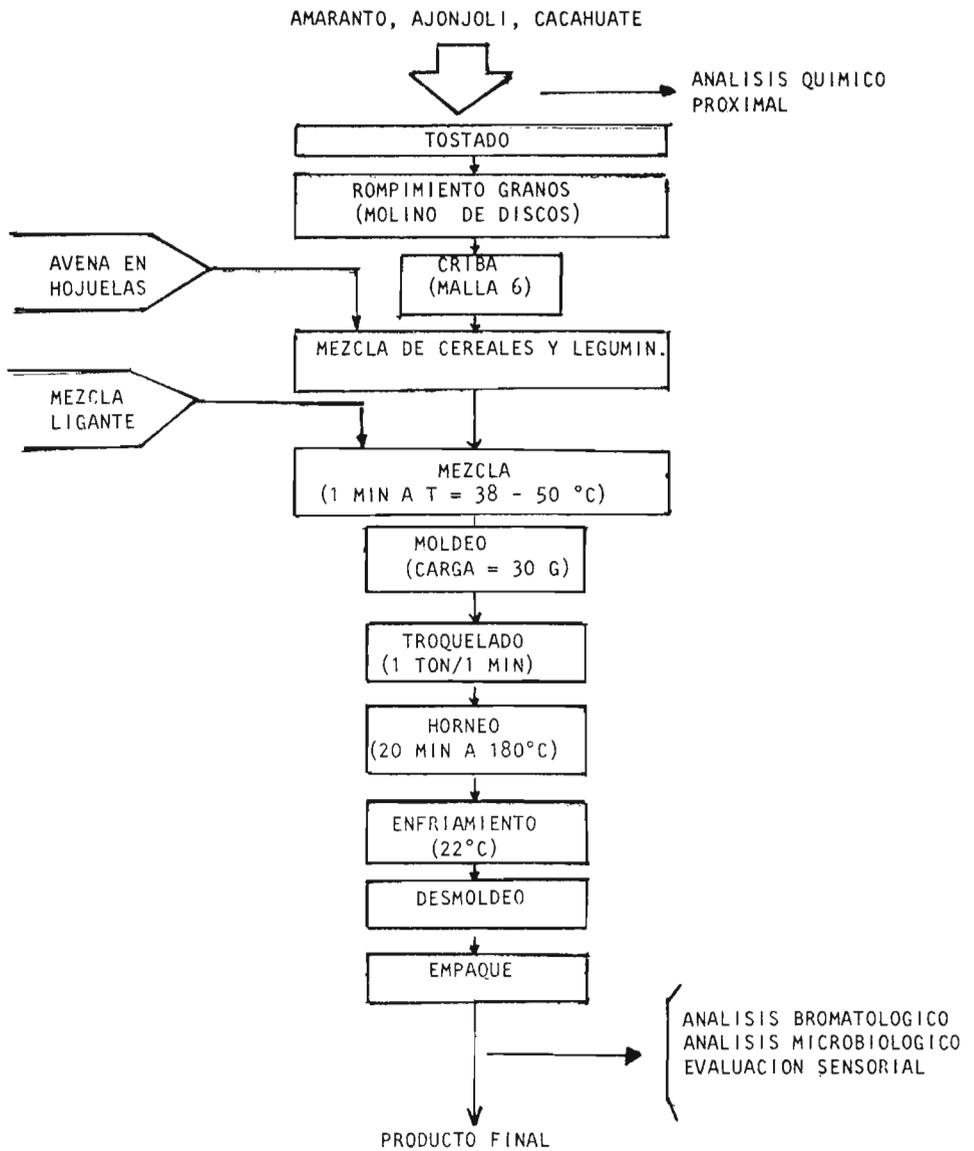
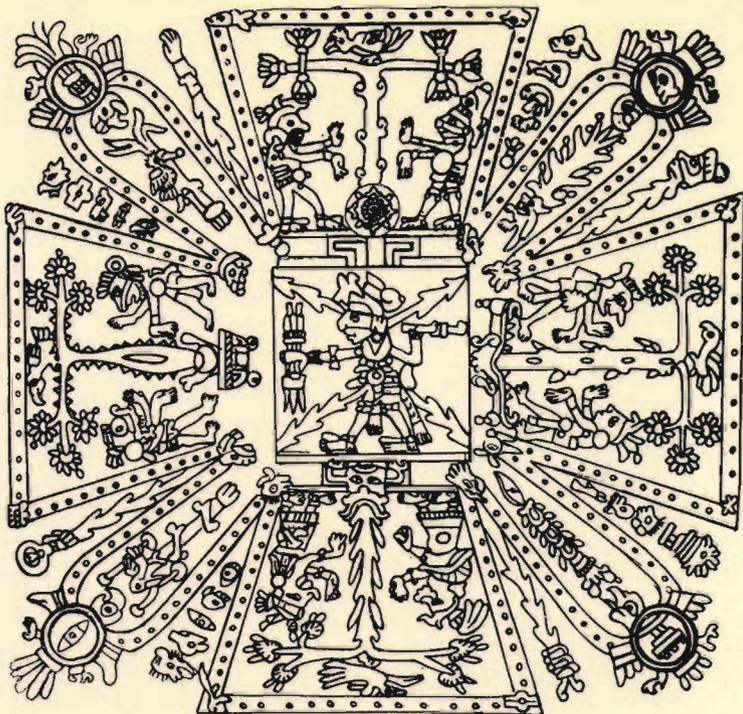


Figura 1. Diagrama de elaboración de la barra troquelada

Investigaciones Recientes Sobre Amarantho, editado por la Dirección General de Publicaciones, se terminó de imprimir en la Editorial Libros de México, S. A., Av. Coyoacán 1035, México 03100 D. F. el día 3 de agosto de 1988. La edición consta de 1 000 ejemplares.

El contenido de los trabajos es responsabilidad de los autores.

Instituto de Geografía,
UNAM.
Circuito de la Investigación Científica.
Ciudad Universitaria
04510 México, D. F.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Dr. Jorge Carpizo
Rector

Dr. José Narro Robles
Secretario General

Dr. Abelardo Villegas
Secretario General Académico

C.P. José Romo Díaz
Secretario General Administrativo

Lic. Mario Ruíz Massieu
Secretario General Auxiliar

Lic. Manuel Barquín Alvarez
Abogado General

Dr. José Sarukhán Kermez
Coordinador de la Investigación Científica

Dra. María Teresa Gutiérrez de MacGregor
Directora del Instituto de Geografía