

DOS CULTIVOS OLVIDADOS, DE IMPORTANCIA AGROINDUSTRIAL: EL AMARANTO Y LA QUINUA¹

A. Sánchez Marroquín²

Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, A.C.
México, D. F., México

RESUMEN Y CONCLUSIONES

1. Las semillas de las especies mexicanas de amaranto, así como las sud-americanas de quinua, presentan las siguientes características bromatológicas: proteína, 13-15%; grasa, 6-7%; fibra cruda, 4-7%; carbohidratos, 61-65%, y cenizas, 3.3-3.6%. Como información adicional, cabe señalar que también revelan una regular digestibilidad de las semillas (53-65%), y buena (68-74%) de la semilla tostada o reventada. El valor biológico es de alrededor de 73% y la eficiencia proteínica es semejante a la de la caseína. Asimismo, el contenido vitamínico es similar en el amaranto y la quinua, con excepción del ácido ascórbico, que el primero contiene en mayor proporción

Manuscrito modificado recibido: 10-2-82.

- 1 Este trabajo fue presentado en la I Reunión Iberoamericana de Ciencia y Tecnología de Alimentos que se celebró en Barcelona, España, del 10 al 13 de marzo de 1980.
- 2 La dirección actual del autor es: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Arcos de Belén 79, México 1, D. F., México.

2. Aun cuando el contenido de proteína de las hojas de estas especies es bajo (4-50/o), otros de sus componentes se encuentran en proporción conveniente: fibra cruda, 3-50/o, extracto no nitrogenado, 540/o, extracto etéreo, 0.4-2.60/o, y cenizas, 6-70/o.
3. Los aminogramas de las tres especies seleccionadas (*A. hypochondriacus*, *A. cruentus*, y *Ch. quinoa*) revelan la buena calidad de la proteína, con ligera deficiencia en leucina.
4. El contenido proteínico de las harinas integrales del amaranto y de la quinua es superior al de los cuatro cereales sometidos a estudio y esas harinas pueden así usarse para enriquecer a estos últimos mejorando su calidad bromatológica. De particular interés resulta la mezcla con harina de maíz para elevar el valor nutricional de tortillas, arepas, etc., lográndose con ello un incremento apreciable de la eficiencia de la proteína.
5. Los germinados de ambas especies son también ricos en proteína y mejoran la calidad en las mezclas con cereales y otras semillas germinadas, o tostadas y reventadas.
6. En suma, los resultados experimentales permiten concluir que los productos industriales obtenidos de las semillas y hojas ofrecen amplias perspectivas para su utilización futura en la alimentación. En especial, ello atañe a los países en vías de desarrollo, en donde su uso resultaría muy valioso para mejorar el valor nutritivo de las dietas tradicionales.

INTRODUCCION

Varios centros de investigación alimentaria en el mundo, están tratando de rescatar del olvido al amaranto, ya que éste constituye un importante componente en la dieta tradicional de algunos países. A la vez se están esforzando por introducir el cultivo de la quinua que, en varias regiones sudamericanas, representa un valioso alimento (1-14).

Sobre estas bases se ha iniciado una serie de estudios que cubren desde el cultivo de dichas plantas en diferentes condiciones climatológicas y edafológicas hasta investigaciones más específicas que incluyen las propiedades bromatológicas del tallo, hojas y semillas y su empleo en la dieta humana y animal. Se han realizado esfuerzos de diversa índole con miras a mejorar los métodos tradicionales del cultivo particularmente con relación a la cosecha, y separación de la semilla mediante la introducción de equipo más adecuado para reducir los costos de producción.

Por último, se está tratando de diversificar los usos indus-

triales de esas plantas con el objeto de mejorar la situación económica que impera en las regiones marginadas donde actualmente se cultivan.

En el México antiguo la especie *A. hypochondriacus* o *A. leucocarpus*, como también ha sido llamada, fue con toda probabilidad la de empleo más frecuente como alimento (8, 15-19) con el nombre común de "alegría", junto con *A. cruentus* (también denominada *A. paniculatus*) y *Chenopodium nuttaliae*, especie estrechamente relacionada al *Chenopodium quinoa*, al grado de que en la actualidad se la considera en sinonimia (20, 21).

La especie *A. caudatus* de Perú no era conocida. Fue cultivada principalmente en Argentina y Bolivia y se utilizaba como grano y también como verdura (17, 18, 22, 23).

Asimismo, las especies *A. gageticus* y *A. dubius* se usaban como hortalizas y granos. En varias regiones de América del Sur ambas especies jugaron un papel importante en la dieta diaria de varias tribus. También se sabe que las especies silvestres *A. hybridus*, *A. powellii* y *A. retroflexus* fueron usadas como hortalizas en tiempos antiguos (19, 22, 24, 25) y que aún ahora se utilizan en algunos países (19, 26-28).

Puesto que en México son varias las ferias regionales de la "alegría" (confite popular preparado con semillas de amaranto) que se celebran anualmente en pequeñas poblaciones, se aprovecha este hecho para promover, primero localmente y después a mayor escala, mejores métodos de cultivo. También se fomentan otros avances en los estudios de tecnología alimentaria logrados desde 1978.

En Bolivia, Perú, Ecuador y Chile, principalmente, se han efectuado ya importantísimas investigaciones científico-tecnológicas de la quinua (2, 5, 29-32), en tanto que en Estados Unidos, México, Puerto Rico, India, Suecia y otros países se estudia el amaranto desde diversos puntos de vista (19, 26, 28, 33-35).

En el presente trabajo se sumarian los principales resultados logrados en el Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, A. C. (CEESTEM) referentes a las especies seleccionadas de *Amaranthus* y *Chenopodium*.

MATERIALES Y METODOS

Los Doctores Mario Tapia y Hugo Torres de Bolivia y Perú, respectivamente, suministraron más de 50 variedades de

Chenopodium quinoa que están siendo objeto de investigaciones de carácter agronómico y botánico en dos estaciones agrícolas experimentales del CEESTEM y en otros sitios de condiciones climatológicas y edafológicas diferentes. Estos estudios se realizan según convenios celebrados con el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y el Colegio de Postgraduados de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos de México.

Holly Hauptli y Laurie Feine de la Universidad de California y Rodale Press (Emmaus, Pa) proporcionaron 26 especies y variedades de *Amaranthus*; los Doctores Hunziker y Covas, de Argentina, la especie *A. mantegazianus*; el Dr. Rolf Carlson de Suecia, tres especímenes, y el Dr. Franklin W. Martin de Puerto Rico, dos.

Se recolectaron también otras especies y variedades de *Amaranthus* y *Chenopodium* en varios estados de la República Mexicana.

Los análisis bromatológicos, incluyendo vitaminas, minerales y digestibilidad *in vitro* se efectuaron valiéndose de los métodos de la AOAC (36).

Las pruebas de eficiencia de la proteína (PER) fueron realizadas en el Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, también según métodos de la AOAC, 1975. El perfil de aminoácidos se determinó de acuerdo con el procedimiento de Spackman, *et al.* (37) mediante analizador automático Beckman, Modelo 120. Las pruebas farinológicas se practicaron aplicando los procedimientos de la AACC (38). Los productos alimenticios y los germinados se prepararon según métodos usuales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis de las hojas, tallos, semillas y panículas de *A. hypochondriacus*, *A. cruentus* y "quintonil" (*A. hybridus*) a partir de muestras colectadas en México, comparados con los de *Chenopodium quinoa* se dieron a conocer en otros trabajos (33, 34, 39, 40). Las semillas de *A. cruentus* tienen un contenido de proteína similar al de *A. hypochondriacus*, *Chenopodium quinoa* y *A. hybridus*. En todas las muestras bajo estudio (Tablas 1 y 2) las semillas mostraron un alto contenido de fibra cruda y de extracto no nitrogenado. El extracto etéreo es mayor en las semillas que en las hojas, tallos o panículas (inflorescencias). *Chenopodium quinoa* contiene más tiamina, riboflavina y hierro, y

TABLA 1
ANALISIS BROMATOLOGICO DE AMARANTOS
 (Expresado en términos de porcentaje)

Muestra	Humedad	Cenizas	Proteína	Extracto etéreo	Fibra cruda	Extracto no nitrogenado
<i>A. cruentus</i> (hojas)	29.77	7.17	4.62	0.47	3.59	54.38
<i>A. cruentus</i> (semillas)	20.28	2.50	12.31	3.12	9.19	52.60
<i>A. cruentus</i> (tallo)	21.94	1.67	0.56	1.82	8.50	65.51
<i>A. cruentus</i> (panícula)	34.52	2.52	4.62	0.45	8.77	49.12
<i>A. hypochondriacus</i> (hojas)	29.85	6.05	4.37	2.63	3.80	53.30
<i>A. hypochondriacus</i> (panícula)	37.99	3.00	5.31	1.76	8.46	43.48
<i>A. hybridus</i> (hojas)	23.18	3.99	5.62	0.31	2.39	64.51

TABLA 2
ANALISIS GENERAL COMPARADO DE LAS SEMILLAS

Componentes	<i>A. hypochondriacus</i>	<i>A. cruentus</i>	<i>Ch. nuttalliae</i>	<i>Ch. quinoa</i>
Humedad	10.8	11.2	10.5	10.8
Proteína	14.7	13.1	13.7	14.0
Grasa cruda	6.9	6.4	6.3	6.2
Fibra cruda	6.1	7.2	6.5	4.1
Carbohidratos	62.8	61.7	64.0	65.2
Cenizas	3.6	3.4	3.3	3.3
Rendimiento/ha (kg)	750 - 2,300	600 - 800	650 - 1,600	820 - 1,870
Digestibilidad (%o)	65.0	53.0	51.0	65.0
Semilla reventada (digestibilidad)	74.0	68.0	—	72.0
Proteína de semillas* (kg/ha)	120 - 300	100 - 280	100 - 280	150 - 310

* Mínimo y máximo en diferentes regiones.

La proteína de la semilla basta para alimentar ocho personas/ha durante un año.

A. hypochondriacus más calcio, magnesio y ácido ascórbico (Tabla 3). La quinua, término que comprende *Chenopodium quinoa* y *Chenopodium nuttalliae* presenta características químicas similares. Los datos correspondientes a esta última no se incluyen en la Tabla.

Los aminogramas de *A. hypochondriacus*, *A. cruentus* y *Chenopodium quinoa* (Tabla 4) revelan un grano de buena calidad proteínica, con tenores altos de todos los aminoácidos, pero con una aparente deficiencia en leucina por lo cual se complementa bien con cereales. La metionina acusa valores inferiores a los

TABLA 3
COMPOSICION DE LA SEMILLA DEL AMARANTO
Y LA QUINUA (%)

Determinaciones	<i>A. hypochondriacus</i>	<i>Ch. quinoa</i>
Proteína	15.0 – 16.0 g	14.7
Grasa	3.7 – 7.1 g	3.4
Carbohidratos	60.5 – 64.1 g	65.0
Fibra cruda	3.5 – 6.8 g	7.2
Calcio	360.4 – 375.3 mg	140.7
Fósforo	397 – 491 mg	410.6
Hierro	1.5 – 3.2 mg	10.7
Cobre	0.7 mg	1.2
Magnesio	270 mg	198.0
Valor biológico	73.7	73.0
Digestibilidad	76.4	78.0
Eficiencia de la proteína*	2.12	2.0
Energía (calorías)	391	372
Vitaminas (mg %)		
Tiamina	0.25	0.59
Riboflavina	0.29	0.60
Niacina	1.15	1.25
Acido ascórbico	2.80	1.21

* Caseína 2.2. La digestibilidad y la eficiencia proteínica se refieren a semillas reventadas (“popping”).

TABLA 4
AMINOGRAMA DE LAS TRES ESPECIES SELECCIONADAS
(SEMILLAS)

Aminoácidos	<i>A. hypochondriacus</i>	<i>A. cruentus</i>	<i>Ch. quinoa</i>	Patrón FAO
Lisina	5.6	5.4	5.6	5.5
Metionina	2.3	2.1	2.2	2.2
Treonina	3.4	3.2	3.3	4.0
Cisteína	2.2	2.1	2.2	—
Valina	4.2	4.3	4.4	5.0
Tirosina	3.4	3.3	3.3	2.8
Leucina	5.6	5.5	5.4	7.0
Fenilalanina	3.8	3.4	3.7	2.8

señalados por otros investigadores debido a que se destruyó parcialmente durante la hidrólisis ácida. El triptofano no se determinó, pero los cálculos realizados por otros analistas lo sitúan en torno a 2.1%. Según se aprecia en la Tabla 5, la harina integral de estas especies también es satisfactoria desde el punto de vista bromatológico.

Otras pruebas especiales practicadas en las semillas de amaranto y quinua (Tabla 3) confirman su alto valor biológico como una buena fuente de proteína, minerales y vitaminas. En términos generales, el valor biológico es de 73%; la digestibilidad, de 65-74%; el PER se aproxima al valor de la caseína, y la energía estimada es de alrededor de 390 calorías. El puntaje ("score") químico es superior al de los cereales comúnmente empleados en la dieta latinoamericana y al de diversas legumbres (acelgas, espinacas, lechuga, tomate, brócoli, espárragos), leguminosas (frijol, soya, chícharo (*Pisum*), habas, alfalfa, maní) y leche de vaca.

Las semillas de amaranto difieren de las amargas de la quinua en que no contienen saponinas (16, 19, 22) ni compuestos fenólicos (26). Los oxalatos y nitratos presentes no se encuentran en proporciones significativas y no representan un serio problema puesto que pueden eliminarse por medio del lavado (25).

Del resultado de todas estas pruebas es posible concluir que las semillas y hojas de las especies estudiadas constituyen un buen alimento. El único factor limitante en relación con la harina obtenida de la semilla es la ausencia o escaso contenido de gluten (34).

Recientemente se ha confirmado la no toxicidad de las semillas y hojas (19, 26, 35). Asimismo, se ha observado que las semillas tostadas o reventadas ("popping") tienen mejor digestibilidad que las crudas y, por lo tanto, sería conveniente introducir el "reventado" o el "tostado" como un paso previo para la elaboración de los productos de amaranto y quinua (34, 39).

Desde el punto de vista industrial son varias las aplicaciones del amaranto y la quinua, según los estudios del CEESTEM y de varios investigadores sudamericanos (7, 10, 12, 30, 31, 39).

En la Figura 1 se aprecia la ruta que las diferentes partes de la planta siguen para su uso industrial, de acuerdo con las características químicas de cada una de ellas. Así, los tallos serán destinados a forraje (41), las hojas a alimento para consumo humano (modificando su sabor ya que en algunas especies es amargo) y las semillas, que representan la parte más valiosa para la industria, podrán emplearse directamente como confituras o bien ser sometidas a molienda para la obtención de harinas (Tabla 5). Estas últimas

TABLA 5

COMPOSICION DE HARINAS INTEGRALES

Componentes	Amaranto	Triticale	Cebada	Maíz	Trigo	Quinua
Humedad	10.00	11.00	11.00	11.72	10.10	10.3
Cenizas	2.50	2.06	2.07	1.56	1.05	2.3
Proteína	15.74	12.46	14.19	8.51	12.00	14.6
Fibra cruda	4.94	2.38	2.18	1.75	1.20	3.4
Grasa cruda	7.03	1.46	4.18	5.51	1.80	6.8
Carbohidratos	60.82	70.60	66.37	70.95	76.60	64.3

podrían emplearse en industrias específicas tales como panadería, pastelería, pastas alimenticias, galletas, mazapanes, hojuelas, etc. En la Tabla 6 se indican los principales usos de los productos. En los momentos actuales se tiende a establecer pequeñas industrias en varios países, para lo cual es conveniente y urge introducir primero un mejoramiento en los métodos de separación de la semilla. Así se podrán reducir los costos de operación economizando tiempo y mano de obra, aunque sin eliminar ésta en forma radical, así como diseñar equipo adecuado para el trillado, limpieza de la

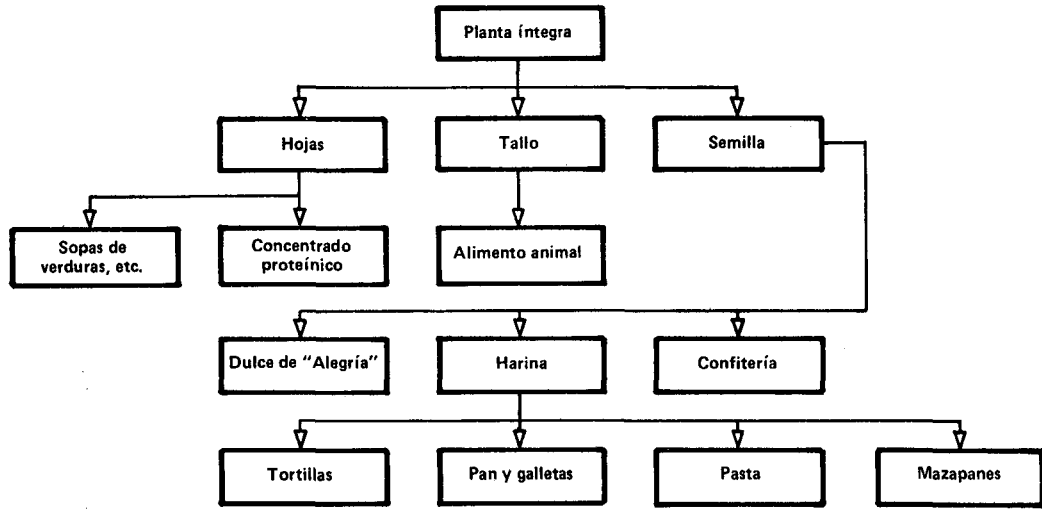


FIGURA 1
Utilización integral del amaranto

TABLA 6
PRODUCTOS DE QUINUA Y AMARANTO
(Variedades dulces)

Productos	Usos principales
<i>Crudos:</i>	
— Semilla perlada	Sopas, guisos, etc.
— Semilla entera	Granola, confitería, harinas: pastas y galletas, repostería, "pinole".
— Semilla germinada	Directos, alimentos especiales (adultos y niños).
— Hoja entera	Ensaladas, concentrados proteínicos.
— Tallo	Forrajes ("quiri").
— Germen	Aceites.
<i>Cocidos:</i>	
— Semilla cocida, tostada o reventada	Confitería, sopas, estofados, hojuelas, galletas, maná, etc. Farinología: pastas, pan, tortilla, arepas, tamales, etc.
— Inflorescencia (jipi)	Estofados, guisos diversos.
— Hoja	Sopas, estofados, productos instantáneos.
— Tallo	Complemento alimenticio.
<i>Precocidos:</i>	
— Semilla	Alimentos infantiles, alimentos de humedad intermedia.
— Hoja	Alimentos infantiles, alimentos de humedad intermedia.
— Tallo	Suplemento mineral.

En los productos cocidos el valor nutritivo aumenta.

semilla, "popping", etc. Para la separación de la semilla se ha propuesto un modelo adecuado (34); es de bajo precio, fácil operación, fabricación simple y eficiencia verificada.

Para la desaponificación de quinuas amargas se utilizan en Perú y Bolivia algunos dispositivos especiales (42), y en Estados Unidos se diseña maquinaria para la cosecha del amaranto (19, 34).

Los proyectos de industrialización del amaranto y la quinua vía harinas son muy atractivos si se toma en consideración que su calidad nutricional compite ventajosamente con los cereales. A este respecto cabe señalar que en los programas de enriquecimiento de cereales con diversas finalidades, la harina de amaranto, al igual que la de quinua (39), la de soya (43-45) y otros (43) representa una forma muy conveniente y económica de lograr un apreciable incremento en el valor alimenticio de diversos productos muy populares en la dieta latinoamericana tales como tortillas, arepas, panes, galletas, pastas, etc.

Así, por ejemplo, en México se elabora industrialmente (Figura 2) masa deshidratada de maíz nixtamalizado (tratamiento alcalino) con un objetivo social muy claro debido a su empleo, tan difundido, en la preparación de las tortillas, elemento básico de la dieta popular. En efecto, se producen más de 450,000 toneladas en cuatro empresas de participación estatal y privadas. A nivel más reducido en las tortillerías se emplean máquinas de diseño nacional de dos empresas mayores y otras medianas. Una de ellas elabora más del 50% de los 400 millones diarios de tortillas producidas.

Hay varios modelos con capacidad variable, de 3,000 hasta 12,000 tortillas por hora, dependiendo del diámetro de las mismas (12 ó 16 cm). Estas máquinas se han empleado también para elaborar tortillas con mezclas de trigo integral y maíz. Alrededor de un millón de toneladas de maíz se utilizan para la fabricación de la harina correspondiente, siendo la producción a mayor escala la de la industria privada. En una comunicación reciente (46) se señala lo siguiente: "De las 10,977,000 toneladas de maíz que la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos calcula que serán cosechadas en 1979, los 14,905 molinos, los 8,990 molinos-tortillerías y las 14,223 tortillerías del país (38,118 expendios de masa y tortillas en total) comercializarán 3,830 toneladas. En las fábricas de derivados (almidones, glucosa, fécula, aceites y hasta whisky japonés) se usarán 1,246,000 toneladas, y el mercado al menudeo absorberá 2,730,000".

Así, es de recomendarse que estos molinos de maíz, así como los de trigo y arroz, mezclen previamente las harinas con 20 ó

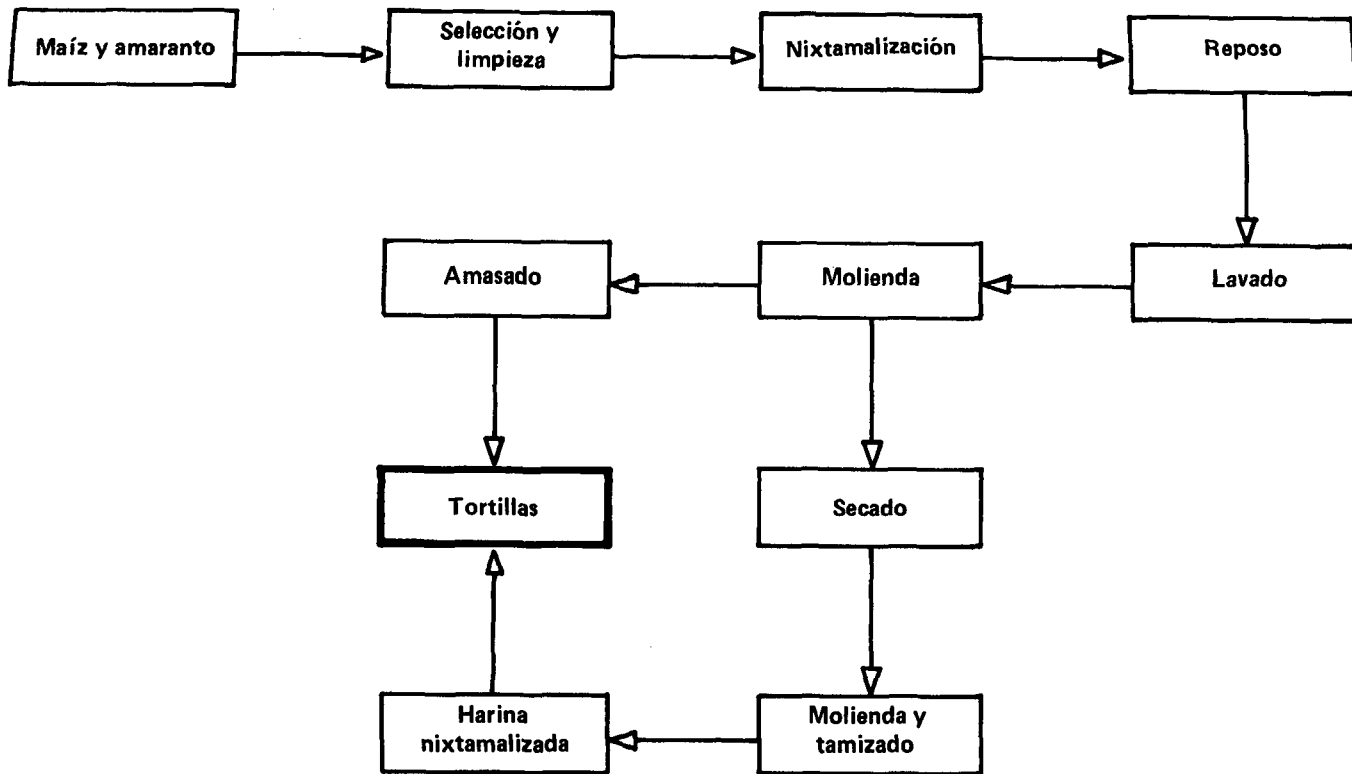


FIGURA 2

Diagrama de bloques para la elaboración de tortilla de maíz y amaranto

30% de amaranto o quinua y empleen la mezcla enriquecida (34, 39) en la producción de la masa destinada a la elaboración de tortillas, arepas, panes, pastas y productos similares.

El proceso mexicano de la nixtamalización del maíz aumenta asimismo el valor biológico de los productos finales, por ejemplo, de un PER de 1.74 a 2.14 - 2.40 (Tabla 7) en la tortilla.

TABLA 7
INDICE DE EFICIENCIA PROTEINICA

Productos	PER	%
Tortilla*	1.74	61.3
Caseína	2.84	—
Tortilla**	2.14	81.4
Caseína	2.63	—
Amaranto***	2.40	84.5
Caseína	2.84	—

* Tortilla con 20% de harina integral de amaranto.

** Tortilla con 20% de harina de amaranto nixtamalizada.

*** Amaranto "reventado".

En Bolivia se ha emitido un decreto que hace obligatoria la adición de 5% de harina de quinua a la de trigo para mejorar su calidad nutricional y para reducir en gran volumen las importaciones masivas de trigo.

Por otra parte, teniendo en cuenta los resultados experimentales en pruebas de panificación, las mezclas de harina de amaranto y trigo (34, 39) y de estos dos con trigo sarraceno (47), han sido seleccionadas para promover su uso en panificación. Asimismo, resultan muy aconsejables las mezclas de harinas de trigo y quinua (12, 30).

Según nuestros experimentos las mezclas de harinas de amaranto y trigo "tezopaco" en proporciones de 80:20 y de 90:10 resultan adecuadas para la industria galletera (39). Las harinas de amaranto solo no son satisfactorias debido a su textura pobre.

Cabe señalar que las semillas de amaranto y quinua tienen otro uso igualmente promisorio al sometérselas a procesos de

germinación (34, 39, 40) pues en algunos de los germinados el contenido de proteína (Tabla 8) y el de aminoácidos (39) aumentan ostensiblemente. Además acontecen cambios fisiológicos que determinan una mayor digestibilidad y mayor eficiencia de la proteína, por lo cual es de prever que los productos derivados encuentren amplio uso en la nutrición humana, sobre todo como alimentos infantiles. Por cierto, ya estamos por emprender algunos proyectos en este sentido.

El uso industrial del amaranto y la quinua puede ampliarse considerablemente si se emplean directamente o en productos cocidos, ya sea tostados o reventados, en diversas aplicaciones de confitería. Así, la golosina conocida con el nombre de "alegría" es muy popular en México. Las palanquetas, "paletas", galletas y polvorones, preparados con harinas o semillas de amaranto o quinua, de acuerdo con los métodos industriales en uso (Tabla 9), son productos que podrían tener un gran mercado y la inversión necesaria para su elaboración es mínima. Su sabor es agradable, y la proporción de proteína y carbohidratos puede ajustarse a voluntad. Los mazapanes de amaranto o quinua, la granola y el maná, constituyen líneas adicionales de productos con características organolépticas y bromatológicas muy aceptables.

Las hojuelas de amaranto y quinua se preparan fácilmente y su empleo en el desayuno es similar al de la avena.

Por último, los aceites derivados de ambas plantas resultan de interés, pues la composición general revela su utilidad en la alimentación humana y animal, como lo sugiere el contenido de ácidos grasos que se indica en la Tabla 10.

Los concentrados de proteína foliar (LPC) representan, asimismo, un potencial alimentaria muy estimable (26). Además, el fuerte pigmento rojo de *A. hypochondriacus* podría tener cierta importancia como colorante en la industria alimentaria.

TABLA 8
COMPOSICION DE LOS GERMINADOS

Determinaciones o/o	Amaranto		Garbanzo		Alfalfa		Quinoa	
	Semillas	Germin.	Semillas	Germin.	Semillas	Germin.	Semillas	Germin.
Humedad	10.0	3.6	7.5	7.5	9.0	7.8	11.2	4.0
Proteína	15.7	17.0	18.8	28.8	30.1	51.6	16.1	17.8
Grasa cruda	7.0	8.0	9.5	7.5	3.6	2.1	5.8	6.7
Fibra cruda	4.9	5.7	4.6	3.8	—	10.5	4.1	3.9
Carbohidratos	59.9	63.3	52.8	59.6	53.4	22.8	60.0	62.7
Cenizas	2.5	2.4	2.8	2.8	3.9	5.2	2.1	2.3

TABLA 9

ANALISIS BROMATOLOGICO DE DIVERSOS PRODUCTOS

Determinación o/o	Tortilla*	Palanqueta	Paleta	Polvorín	Galletas	Harina**
Humedad	39.3	2.16	0.63	2.82	4.61	9.09
Cenizas, 600°C	1.2	1.84	0.26	1.30	1.25	2.73
Grasa	3.8	2.46	1.0	24.17	7.5	4.27
Fibra cruda	0.7	2.9	0.13	0.34	1.1	3.0
Proteína	6.4	5.86	0.30	11.28	5.6	11.38
Carbohidratos	48.5	84.78	97.96	60.09	73.4	69.51

* Mezcla de maíz + amaranto 80:20 (nixtamalizados).

** Mezcla de harina gruesa, fina y granillo (16:10:20).

TABLA 10

ACIDOS GRASOS DE LAS SEMILLAS (26)

Acidos grasos	<i>A. hypochondriacus</i>	<i>Chenopodium Spp.</i>
c16:0 (Palmítico)	18.1	11
c18:0 (Estearico)	4.6	0.7
c18:1 (Oleico)	26.7	22
c18:2 (Linoleico)	49.4	56
c18:3 (Linolénico)	0.9	7

SUMMARY AND CONCLUSIONS

TWO FORGOTTEN CROPS OF AGROINDUSTRIAL IMPORTANCE:
AMARANTH AND QUINUA

1. Seeds from Mexican amaranth species, as well as South American quinoa species, present the following bromatologic characteristics: protein, 13-15^o/o; fat 6-7^o/o; crude fiber, 4-7^o/o; carbohydrates, 61-65^o/o, and ash, 3.3-3.6^o/o. Seeds also reveal a fair digestibility (53-65^o/o), while toasted or popped seeds have a good digestibility (68-74^o/o). Their biological value is around 73^o/o and the protein efficiency similar to that of casein. Vitamin content is similar in both amaranth and quinoa, except for ascorbic acid, which the former contains in a larger proportion.
2. Even though the leaves of these species present a low protein content (4-5^o/o), other components are found in a convenient proportion: crude fiber, 3-5^o/o, nitrogen-free extract, 54^o/o, ether extract, 0.4-2.6^o/o, and ash, 6-7^o/o.
3. The aminograms of the three selected species (*A. hypochondriacus*, *A. cruentus*, and *Ch. quinoa*) reveal a good protein quality with a slight leucine deficiency.
4. Protein content of the amaranth and quinoa whole meals is higher than that of the four cereals studied; therefore, those meals can be used to enrich the latter by improving their nutritional quality. Of particular interest is their use in mixtures with corn meal, as the nutritional value of tortillas, arepas, etc. is increased and, thus, an appreciable increment of protein efficiency is obtained.

5. The germinated seeds of both species are also rich in protein content and they improve the protein quality in mixtures with cereals and other germinated, roasted, and popped seeds.
6. In summary, on the basis of experimental results, we conclude that industrial products obtained from the seeds and leaves offer good perspectives for their future use in diets. Especially, this concerns the developing countries, where their use would prove to be most valuable in improving the nutritive value of traditional diets.

BIBLIOGRAFIA

1. Alvistur, C. E. *et al.* Composition and nutritive value of quinoa. *Bol. Soc. Quím., Perú*, **19**: 197, 1953.
2. Avila, P. & J. Etchevers. Antecedentes sobre el cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Escuela de Agronomía, Universidad de Concepción, Chillán, Chile, 1979.
3. Bacigalupo, A. Comunicaciones personales. Oficina Regional de la FAO, Santiago, Chile, 1979.
4. Bruin, A. de. Investigation of food value of quinoa and cañihua seeds. *J. Food Sci.*, **29**: 872-876, 1964.
5. Etchevers, J. Cultivo de la quinua en Chile. Presentado en: **X Reunión de la Asociación Latinoamericana de Ciencias Agrícolas, Acapulco, México, 1979.**
6. Gandarillas, H. Razas de quinua. *Boletín Experimental No. 34* del Ministerio de Agricultura, La Paz, Bolivia, 1968.
7. Gandarillas, H. & G. Tapia. Quinoa dulce Sajama. Presentado en: **II Convención Internacional de Quenopodiáceas, Potosí, Bolivia, 1976.**
8. Junge, I. *et al.* Lupino y quinoa. Estado actual de los conocimientos y de las investigaciones sobre su empleo en la alimentación humana. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción, Chile, 1975.
9. Mahoney, A. *et al.* An evaluation of the protein quality of quinoa. *J. Agr. Food Chem.*, **23**: 190-193, 1975.
10. Pulgar, J. La quinua o suba en Colombia. Fichero Científico Agropecuario. Ministerio de Agricultura, Bogotá, Colombia, 1954.
11. Tapia, M. Cultivo de la quinua en los Andes. Presentado en: **II Convención Internacional de Quenopodiáceas, Potosí, Bolivia, 1976.**
12. Tapia, M. Industrialización de la quinua. En: **Curso de Quinoa.** Impartido por Universidad Nacional Técnica del Altiplano, IICA, Puno, Perú, 1977.
13. Tellería, M. L., *et al.* Evaluación química y biológica de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **28**: 253-

- 263, 1978.
14. White, P. L., *et al.* Nutrient content and protein quality of quinoa and cañihua edible seed products of the Andes Mountains. **J. Agr. Food Chem.**, **3**: 531-534, 1955.
 15. Feine, L. Taxonomical investigations and germoplasm collection in Mexico. En: **Proceedings, 2nd Amaranth Seminar.** Kutztown, Pa., Rodale Press, 1979.
 16. Haberern, J. Review of amaranth research at New Farm 1974-1977. En: **Proceedings, First Amaranth Seminar.** Emmaus, Pa., Rodale Press, 1977, p. 63-70.
 17. Hunziker, A. T. Las especies alimenticias de *Amaranthus* y *Chenopodium* cultivadas por los Indios de América. **Rev. Arg. Agron.**, **10**: 297-354, 1943.
 18. Hunziker, A. T. Los pseudo-cereales de la agricultura indígena de América. Universidad Nacional de Córdoba, Buenos Aires, Argentina (Museo Botánico), 1952.
 19. **Proceedings 2nd Amaranth Seminar.** Kutztown, Pa., Rodale Press, 1979.
 20. Nelson, D. C. **Taxonomy and Origins of *Chenopodium quinoa* and *Chenopodium nuttalliae*.** Ph. D. Thesis. Indiana University, Ann Arbor, Michigan, 1968.
 21. Wilson, H. D. & C. B. Heiser, Jr. The origin and evolutionary relationships of "huauzontle" (*Chenopodium nuttalliae*, Safford), domesticated chenopod of Mexico. **Am. J. Bot.**, **6**(2): 198-206, 1979.
 22. Sauer, J. D. Cultivated plants of South and Central America. En: **Handbook of South American Indians.** Vol. 6. Steward (Ed.). 1950, p. 437-453.
 23. Sauer, J. D. The grain amaranths: a survey of their history and classification. **Ann. Mo. Bot. Gard.**, **38**: 561-632, 1950.
 24. Hauptli, H. Agronomic potential and breeding amaranths. En: **Proceedings, First Amaranth Seminar.** Kutztown, Pa., Rodale Press, 1977, p. 105-120.
 25. Nabhan, G. Amaranth cultivation in the U. S. Southwest and Northwest Mexico. En: **Proceedings, 2nd Amaranth Seminar.** Kutztown, Pa., Rodale Press, 1979.
 26. Carlsson, R. Quantity and quality of amaranthus seed from plants in temperate, cold and hot, and sub-tropical climates. En: **Proceedings, 2nd Amaranth Seminar.** Kutztown, Pa., Rodale Press, 1979.
 27. Coons, P. **The Genus *Amaranthus* in Ecuador.** Ph. D. Dissertation. Indiana University, Ann Arbor, Michigan, 1975.
 28. Jain S. Germoplasm resources in Indian amaranths. En: **Proceedings, 2nd Amaranth Seminar.** Kutztown, Pa., Rodale Press, 1979.

29. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. **Curso de Quinua**. Impartido por Universidad Nacional Técnica del Altiplano, IICA, Puno, Peru, 1977.
30. Instituto de Investigaciones Agroindustriales. **Proyectos I, II y III del Programa Nacional de Alimentación Popular**. La Molina, Perú, 1977.
31. Moreyra, L. & R. Vargas. Estudio de la utilización de la quinua. Instituto de Investigaciones Agroindustriales, Lima, Perú, 1976.
32. Rea, J. Biología floral de la quinua (*Chenopodium quinoa*). *Turrialba*, **19**(1):91-96, 1969.
33. Sánchez-Marroquín A & S. Maya. Características bromatológicas de amarantos de México. Presentado en: **III Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica, Instituto Politécnico Nacional, México D. F., México, 1979**.
34. Sánchez-Marroquín. A. Potencialidad Agroindustrial del Amarantho. Monografía. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. México, D. F., México, 1980.
35. Senft, J. Nitrate and oxalate studies on vegetable amaranth. En: **Proceedings, 2nd Amaranth Seminar**. Kutztown, Pa., Rodale Press, 1979.
36. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 12th ed. Washington, D. C., The Association, 1975.
37. Spackman, D. H., *et al.* Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. *Anal. Chem.*, **30**: 1190, 1958.
38. American Association of Cereal Chemists. **Cereal Laboratory Methods**. St. Paul, Minn., the Association (AACC), 1962.
39. Sánchez-Marroquín, A. Agroindustrial potential of amaranth in Mexico. En: **Proceedings, 2nd Amaranth Seminar**. Kutztown, Pa., Rodale Press, 1979.
40. Sánchez-Marroquín, A. & J. L. Pérez. Perspectivas industriales del amaranto. Presentado en: **III Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica, Instituto Politécnico Nacional, México D. F., México, 1979**.
41. Narchisio, A., *et al.* Valutazione del valore foraggero di *Chenopodium quinoa*, L. *Ann. Fac. Med. Vet.* (Torino), **21**: 133-140, 1974.
42. Mujica Sánchez, A. & A. Narrea. Mecanización en la siembra de quinua. En: **Curso de Quinua**. Impartido por Universidad Nacional Técnica del Altiplano, IICA, Puno, Perú, 1977.
43. Cravioto, R. & M. Cervantes. Eficiencia proteica de la harina de masa enriquecida con harina de soya y de la adicionada con proteínas de ajonjolí. *Ciencia (México)*, **24**: 159, 1965.
44. Del Valle, F. Producción industrial, distribución y mercadeo de la

- harina para tortillas en México. En: **Mejoramiento Nutricional del Maíz**. Ricardo Bressani, J. Edgar Braham y Moisés Béhar (Eds). Memorias de una Conferencia de nivel internacional celebrada en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), ciudad de Guatemala, del 6 al 8 de marzo de 1972. Guatemala, C. A., Talleres Gráficos del INCAP, octubre de 1972, p. 60-86.
45. Pérez Villaseñor, J., F. R. del Valle & M. M. Salene. Enriquecimiento de las tortillas con proteínas de soya por medio de la nixtamalización de mezclas de maíz y frijol de soya. *Tecnol. Alim.*, **9**(1):24-27, 1974.
 46. Anónimo. La tecnología de la tortilla. Información CONACYT, 16-20, 1979.
 47. Castilla-Chacón, F. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (México). Comunicaciones personales, 1978.