

---

## TECNOLOGÍA ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL DEL AMARANTO EN MÉXICO

---

ALFREDO SÁNCHEZ-MARROQUÍN  
Presidente de la Sociedad  
Mexicana de Historia Natural  
(1962-1963)

### PROYECTO INIA-NAS SOBRE AMARANTO, 1983-1986. \*

\* Convenio celebrado entre el Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, Pecuarias y Forestales (SARH) de México y la EUA National Academy of Sciences.

Más de mil líneas autóctonas y mejoradas de varias especies de *Amaranthus* han sido estudiadas ampliamente en México y otros países respecto a su cultivo en zonas de temporal y bajo riego con excelentes resultados en condiciones de precipitación pluvial de 300 a 700 mm por año desde el nivel del mar hasta más de 2000 m de altitud. La semilla supera a todos los cereales conocidos en contenido de proteína, calidad de ésta, vitaminas, minerales y aceites, alcanzando un cómputo químico superior al de la soya. La digestibilidad varía de 80 a 92% según las condiciones; el valor biológico es muy aceptable y las características organolépticas excelentes. La harina producida mediante molienda simple o combinada permite obtener productos alimenticios diversos y al mezclarse con harinas de otros cereales o leguminosas, los productos finales presentan más alto valor nutricional, por lo que se recomienda para mejorar la calidad nutricional del pan, bolillos, galletas, pastas, tortillas, etcétera (7-12) y para elaborar alimentos infantiles de alta calidad. Asimismo se pueden obtener por vía neumática fracciones hasta de 40% de proteína para idénticos usos y fracciones amiláceas de amplia y novedosa utilización en tecnología de alimentos (11).

Por otra parte las hojas son comestibles, su valor biológico es comparable y aún superior al de las hortalizas de consumo popular, conteniendo menos nitratos y oxalatos, por lo que puede recomendarse como recurso importante en la nutrición humana y animal, dada la escasez de proteínas de bajo costo. Son además, ricas en vitaminas A y C (1, 2, 7).

La planta entera puede procesarse para obtener concentrados y aislados con 60 a 80% de proteína de alta calidad y usos semejantes a los obtenidos de la soya (1, 7, 12).

Actualmente se está estudiando en detalle el comportamiento del amaranto en zonas áridas de norteamérica y otros países.

En esta comunicación se reseñan particularmente los trabajos de tecnología alimentaria presentados en el I Seminario Nacional del Amaranto y se resaltan las perspectivas biotecnológicas de esta interesante planta.

En fin, el amaranto se adapta fácilmente a condiciones extremas de sequedad (2,4,5,7) sin marchitarse o secarse, de donde le viene su nombre que en griego equivale a inmarsecible.

No obstante lo anotado, todavía hacen falta más investigaciones para conocer a fondo su comportamiento no sólo en zonas áridas, sino también en las condiciones usuales de su cultivo.

Nuestro propósito es precisamente despertar interés entre los investigadores de Universidades e Institutos Tecnológicos, para que en alguna forma emprendan estudios sobre tan extraordinaria planta, buscando especialmente su adaptación a condiciones más restringidas de humedad y más severas de temperatura como lo hacen actualmente el CIAMEC y otras instituciones dedicadas a la investigación agronómica.

En el I Seminario Nacional de Amaranto celebrado en Chapingo, México, en octubre 25-27, bajo los auspicios del CONACYT y el Colegio de Post-Graduados de la SARH (6), se presentaron más de 45 trabajos sobre amaranto, cuyos resultados reseñaremos brevemente en lo que atañe a los aspectos bromatológicos, tecnológicos y nutricionales para resaltar su importancia y procurar que se promueva a mayor escala de cultivo en zonas áridas.

De esta manera el amaranto podría agregarse a la lista de plantas que constituyen nuevas fuentes de proteína en zonas áridas y semiáridas (13), si se aprovechan e incrementan los bancos de germoplasma (2,4), se resuelven algunos de los problemas agronómicos actuales y los aspectos económicos implicados (3,7,8).

En experimentos realizados en Ixtacuixtla, Tlaxcala, donde la precipitación es de 300 mm por año; Huazulco, Morelos, durante la sequía de 1980, la más prolongada y severa en 50 años y en otros sitios de baja precipitación anual (450 a 450 mm) con sequías relativas de 20 a 25 % y temperatura media anual entre 14 y 25 °C, se ha observado que el amaranto no solo sobrevive exitosamente, sino que puede dar rendimientos de grano en torno a 1 ó 2 toneladas por hectárea. Observaciones similares en diversas partes del Perú, Guatemala, Nigeria, Tailandia, La India, Pakistán, Nepal y China confirman que el amaranto muestra una amplia gama de condiciones climáticas y edafológicas para su crecimiento, por lo que resulta lógico admitir que aún en zonas áridas del mundo, es posible encontrarlo resistiendo sequías y adaptándose a condiciones en las cuales otros cultivos no prosperan. Sus semillas pueden permanecer viables hasta por 40 años y es normal en México, que puedan conservarse muy bien durante varios años.

El amaranto, asimismo, puede crecer desde el nivel del mar hasta más de 3000 m de altitud y en latitudes muy amplias. Respecto a su fisiología, es una de las pocas plantas monocotiledóneas de ciclo fotosintético C4, lo que permite una gran eficiencia en el uso del CO2 concentrándolo en los cloroplastos sin que tenga que abrir sus estomas al máximo para asegurar la óptima asimilación. Esto significa una apreciable reducción en la cantidad de agua transpirada y por tanto, mayor resistencia a la sequía, una mayor eficiencia fotosintética y una mejor adaptación a las temperaturas elevadas, aún hasta 40 °C; el óptimo para la germinación de la semilla esta entre 25 y 35 °C.

La importancia del cultivo del amaranto, fue resaltada en los diversos trabajos agronómicos presentados en el referido seminario, especialmente por investigadores del CIAMEC, la Universidad Nacional de San Antonio-Abad del Perú, el Rodale Research Center de Pensilvania (EU), el Colegio de Post-Graduados de Chapingo, el Instituto de Geografía de la UNAM, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Unidad Querétaro), la UACH, el Jardín Botánico de la UNAM, el CIIDIR-IPN de Durango, el Archivo Histórico de Xochimilco, el Departamento de Zonas Áridas de la UACH (Zacatecas), la Universidad de California (Los Angeles), La Native Plants Inc. (Salt Lake City, Utah, EUA), la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN, y otros.

Lo referente a tecnología alimentaria y nutricional, se resume a continuación:

- Sánchez-Marroquín informa que a partir de 1983, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, mediante un convenio celebrado con la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América, realiza programas de fitomejoramiento de variedades o líneas criollas, así como de las ya producidas en los propios Estados Unidos, originarias unas de México y otras de diferentes partes del mundo.

En el trabajo se resumen selectivamente las características principales que distinguen el amaranto especialmente desde los puntos de vista alimentario y tecnológico. Para el caso presenta brevemente las principales ventajas de su cultivo, las características dominantes de la semilla, las harinas y los productos derivados, los datos analíticos y el valor nutricional de estos y el bosquejo de los procedimientos seguidos en sus investigaciones para la industrialización integral.

Finalmente, presenta algunas sugerencias para incrementar el cultivo masivo de la planta como materia prima para el establecimiento de unidades agroindustriales en diferentes sitios del país o aprovechar la infraestructura ya existente.

- Necochea, Camacho y Pérez-Gil presentan los resultados obtenidos en la elaboración de una pasta para sopa a base de amaranto. Como este no contiene gluten ni exhibe actividad diastásica, se probaron diferentes aditivos, encontrándose que el gluten de trigo fue el que permitió elaborar pastas con contenidos de amaranto superiores al 70 %. Las formulaciones seleccionadas en base a la complementación de aminoácidos, contenido de proteína y propiedades reológicas fueron: Amaranto-gluten (86.5 : 15.5) y amaranto-gluten-soya (70 : 10 : 20). La tenacidad es comparable al trigo para pastas. El contenido de proteína de las pastas fue superior al 20 % y la NPU resultó arriba del 75 % con respecto a 100 de caseína. Las pastas a base de amaranto fueron, organolépticamente, tan aceptadas como una pasta comercial de trigo integral.

- Boruges comenta que "varios órganos de la planta pueden ser comestibles; de algunas especies lo son las semillas, de otras las hojas o el tallo o las inflorescencias y asiente textualmente: no se puede decir que los amarantos sean mejores o peores que este o aquel alimento, porque semejantes juicios son impropios. No es

substituto de nada, ni del maíz y otros cereales, ni de las leguminosas; es una tercera gran familia de semillas útiles en la alimentación. Tampoco encierran los amarantos maravilla ninguna, fuera de la enorme maravilla de cualquier criatura de la naturaleza".

El amaranto posee cualidades organolépticas y sociológicas excepcionales que justifican plenamente la importancia que ha alcanzado.

En el momento actual se vive un renacimiento en la popularidad del amaranto que había perdido circunstancialmente.

- Tovar, Barrios y Valdivia cuantificaron el contenido de aminoácidos presentes en la semilla de *A. hypochondriacus* tanto crudas como reventadas, en tortillas y en sorgo tratado con  $\text{Ca(OH)}_2$  en un proceso análogo a la nixtamalización. Se cuantificó asimismo lisina reactiva en la mayoría de las muestras.

Advierten que la sustitución del maíz por sorgo desde el punto de vista nutricional, específicamente calidad de la proteína, es cuestionable. Recientes artículos plantean que tortillas de sorgo contienen mayor cantidad de proteínas, pero la evidencia generada en este estudio ("score" químico de la tortilla maíz-sorgo: 37.5 %) indica que esta sustitución, desde el punto de vista estrictamente nutricional, irá en detrimento de la población consumidora de tortillas.

- Tena, estimó la calidad de la proteína de amaranto, sometido a proceso alcalino en semillas tostadas y germinadas, tomando como índice la relación de la eficiencia proteínica computarizada (C-PER), previa estimación de la digestibilidad in vitro y los aminogramas. Los resultados mostraron que el perfil de aminoácidos es similar en todos los casos, siendo el tostado en el que se tienen los valores ligeramente más altos. En general, se observa una disminución en los valores de lisina, comparado con el valor correspondiente para el amaranto crudo. Los valores de digestibilidad in vitro de las muestras de tostado y "nixtamalizado" se incrementaron con respecto al valor del amaranto crudo, efecto que se refleja en los valores de C-PER, siendo más altos en el amaranto tostado y en el nixtamalizado que en el amaranto crudo. En el amaranto germinado el valor nutricional disminuyó en relación al crudo como consecuencia probablemente del tratamiento de secado posterior a la germinación. En el fraccionamiento se observaron cambios significativos en la composición de las proteínas.

- Gómez, Ortiz y Tena determinaron el porcentaje de germinación encontrándose éste en el orden del 99 %. Posteriormente las semillas fueron germinadas en diferentes tiempos y temperaturas en soporte húmedo, recomendándose un lapso de 24 horas a 30 °C desde el punto de vista de apariencia del producto y de su calidad nutricional.

- Bressani, señala que de los datos presentados en su trabajo se pueden enumerar las siguientes conclusiones:

1. La calidad proteica del grano claro de amaranto es superior a la del grano oscuro.
2. El procesamiento térmico húmedo consistentemente mejora la calidad proteica del grano de amaranto, tanto del grano claro como del oscuro.
3. La deshidratación del grano cocido por medio de rodos no interfiere con la calidad nutritiva del producto.
4. El proceso térmico de reventado influye sobre la calidad proteica del producto, principalmente si el proceso es uno de contacto directo entre grano y superficie caliente. Una prolongación del tiempo de contacto de un producto tostado que es inferior en calidad nutritiva a los productos obtenidos por otros procesos térmicos.
5. No se conocen todavía las razones por el mejoramiento en calidad nutritiva, debido a procesamiento húmedo.
6. Es necesario desarrollar equipos de procesamiento que induzcan el reventado del grano, y establecer las condiciones óptimas de procesamiento para mejorar su calidad nutritiva. Estos equipos deben ser simples, de producción continua y de bajo costo energético y deben introducirse para la mejor utilización del grano de amaranto.

- Subramanian y Rodríguez, encuentran que a pesar de que el consumo de amaranto decayó, sigue siendo tradicionalmente consumido en algunas regiones del país, para lo cual es sometido a procesos rudimentarios como el desgranado, el reventado, etcétera, para ser usado en la alimentación humana principalmente elaborado como golosina.

Como alternativa tecnológica para la utilización del amaranto, se decidió la conveniencia de enfocarla hacia la elaboración de alimentos infantiles.

- Calderón de la Barca y colaboradores, reportan que la presencia de lectinas en *A. hypochondriacus* no provoca efectos tóxicos a corto tiempo, a pesar de que en la harina entera se observa un efecto negativo en la calidad de la proteína. No se puede afirmar que este efecto sea solo atribuible a la presencia de la lectina en la semilla, pero tampoco se puede excluir la sugerencia de Jaffe y Camejo (1961) en el sentido que las lectinas enlazan sitios receptores de la superficie de las células epiteliales del intestino, interfiriendo con la absorción de nutrientes a través de la pared intestinal.

Mediante un proceso de extracción, se puede obtener un reactivo biológico potencialmente útil y una harina sin sustancias aparentemente nocivas que afecten su valor nutritivo.

- Sánchez-Marroquín y Maya, presentan resultados complementarios de un trabajo previo sobre tortilla. Los datos amilográficos de las mezclas de harinas y el diagrama sugerido para la elaboración de la tortilla enriquecida; los análisis aproximados de las materias primas utilizadas, así como los de las mezclas de harinas comerciales de maíz con harina integral y fracciones de amaranto (*A. cruentus* y *A. hypochondriacus*) confirman su buena calidad. El contenido de minerales y aceites de las tortillas elaboradas con mezclas 90 : 10 y 80 : 20 de harina de maíz y amaranto, respectivamente, es muy aceptable el de aminoácidos esenciales en las mismas es semejante al de la proteína ideal FAO. La eficiencia biológica de la proteína en la tortilla elaborada con esas mezclas, es superior al del producto comercial o doméstico.

- Cifuentes, estudia el efecto de la cocción alcalina en el amaranto y encuentra que la nixtamalización del amaranto se puede llevar a cabo, a las condiciones estándares del proceso empleado en el maíz y que esto facilita en un momento dado, un mismo proceso simultáneo de maíz - amaranto, para la elaboración de tortillas y otros productos enriquecidos, hecho que ya había sido observado con anterioridad por otros investigadores.

- Cejudo, se refirió al uso de mezclas de harinas de maíz y amaranto en la elaboración de tortilla con resultados similares a los de los otros investigadores que se ocupan del mismo tema. Como no presentó resumen de su trabajo, no podemos detallar sus resultados, pero sí reseñar que la evaluación de líneas mejoradas de amaranto que estudia el CIAMEC-INIA está a su cargo y comprende la composición química de las semillas, la estimación de la calidad panadera de las harinas y la cuantificación de lisina total, metionina y triptofano.

- Ramírez-Velázquez y colaboradores, presentaron un estudio sobre la aplicación de la fermentación tipo idli a la producción de tamales y arepas, a partir del maíz, soya y amaranto.

No hubo cambios significativos en la calidad nutricional o de la proteína de la masa, como resultado de la fermentación. La riboflavina no varío durante el proceso, mientras que la niacina y el ácido pantoténico disminuyeron ligeramente. Se mejoró la calidad de la proteína de la mezcla con respecto a la del producto inicial, debido a la nixtamalización, pero no como resultado de la fermentación.

El alimento tipo tamal, tenía una textura más gomosa y un contenido de humedad mayor que el tamal no fermentado. Las arepas presentaron la misma textura y semejante superficie que las tortillas gruesas.

- Casillas, presento datos analíticos y la elaboración del dulce de amaranto llamado "alegría" y de algunos alimentos de la dicta mexicana con propósitos comparativos.

- Dipp Adda y Tena, investigaron el efecto del tostado de la semilla para diseñar un tostador adecuado, encontrando que en un rango de 10 segundos - 168 °C a 13 segundos - 160 °C, hay menores pérdidas en la calidad de la proteína, siendo mejor el primero.

- Domingo y Sánchez-Marroquín, evaluaron la utilización de la harina de semillas crudas y tostadas de amaranto en la elaboración de pan tipo caja. Las harinas de semilla tostada mezcladas con harina de trigo en proporción 10 : 90, dieron panes de muy buena calidad comparados con los de trigo 100 %. No se apreciaron diferencias en cuanto aceptabilidad al compararlos con el testigo, a un nivel de confiabilidad de 95 %.

- Tovar y Carpenter, resumieron su trabajo previo sobre los efectos de la nixtamalización del maíz y la suplementación con semillas de amaranto sobre sus deficiencias en lisina y triptofano. No se apreciaron diferencias con respecto a maíz cocido. Cuando el triptofano era limitante, el PER fue de 1.15 y la adición del amaranto no incrementó el valor. El tratamiento térmico redujo el valor de la lisina reactiva de 5.9 a 4.0 g 16 g N. También el reventado de la semilla reduce este valor. La preparación de tortillas no ejerce ningún efecto adverso en el valor

nutricional de la proteína, pero el reventado de la semilla sí.

- Sánchez-Marroquín y colaboradores, hicieron referencia a la inclusión de la harina integral de amaranto en proporciones de 10, 20, 40 y 50 % en la elaboración de spaghetti y macarrones; se estimó la calidad de los productos, los análisis químicos, las características amilográficas y farinográficas, la calidad del cocimiento y las propiedades organolépticas subjetivas. Las proporciones 90 : 10 para spaghetti y 80 : 20 para macarrones, se seleccionaron como mejores y su calidad final se estimó con base al contenido de aminoácidos, eficiencia proteica (PER y NPR) y las comparaciones químicas con productos comerciales de semolina de trigo enriquecidas de diversa forma. Las fórmulas seleccionadas mostraron una discreta elevación del contenido de proteína, un mejor balance de aminoácidos y una eficiencia proteica superior sin afectar el grado de aceptabilidad.

- Torres, indica que para apoyar la acción de distribución, el país cuenta con una capacidad de almacenamiento superior a 15 millones de toneladas, de las cuales 45 % pertenece a CONASUPO.

El amaranto se destinaría en esta empresa tres diferentes tipos de consumo: harina panadera, harina galletera y harina doméstica. La fortificación puede estar dirigida a dos de ellos, ya que se han realizado investigaciones, tanto para la elaboración de pan como de galletas.

En la Tabla siguiente, se muestra la producción proyectada de harina de trigo en los próximos años y el consumo potencial de amaranto en los diferentes usos (toneladas por año):

AÑO	PRODUCCION HARINA DE TRIGO		CONSUMO TOTAL DE AMARANTO	
	GALLETERA	PANADERA	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	12,726	50,579	7,800	7,880
1989	13,726	50,579	7,800	7,880

- Sánchez-Marroquín y colaboradores, estudian las hojas y la planta entera de amaranto, respecto a composición química y aspectos nutricionales de concentrados proteicos foliares y concentrados de la planta entera.

El rendimiento por hectárea de las hojas de amaranto, es de 3800 a 4100 kg (peso fresco), paralelo a un rendimiento de semilla de 1500 a 3900 kg por hectárea, en condiciones de temporal.

El valor biológico de la hoja como alimento humano, es similar a algunos de consumo popular y en ocasiones superior. En relación a la espinaca, presenta un contenido proteico mayor en un 9 %. El contenido de nitratos y oxalatos es inferior para las hojas de amaranto en comparación con las de espinaca.

Se indica la potencialidad de las hojas de amaranto como recurso importante en la nutrición humana y animal, por el contenido de nutrientes en productos secos, la calificación de los concentrados foliares obtenidos y la escasez de fuentes proteicas de bajo costo.

- Romero, Chamorro y Salazar, se refieren a la toxicidad subaguda en ratas, encontrando cierta alteración del peso, a partir de la concentración de 20 %, especialmente en las hembras, así como alteraciones en algunos parámetros hematológicos y bioquímicos. Se proponen continuar sus investigaciones.

- Heyden y Velasco, reseñan el uso y representación del amaranto en la época prehispánica según las fuentes históricas y pictóricas resaltando su uso como tzoalli (amaranto y miel) y otros usos alimentarios y terapéuticos. Asimismo, analizan etimológicamente los distintos nombres de la planta en las lenguas indígenas e indican los lugares del llamado imperio Mexica, que lo exigían como tributo.

## REFERENCIAS

1. CARLSON, R., 1979. Quantity and quality of Amaranth grain from plants in temperate, cold and hot, and subtropical climates. Proc. II Amaranth Conf., Rodale Press, Emmaus, Pa., 48-58.
2. KAUFFMAN, C. S., N. BAYLEY, B. T. VOLAK, L. E. WEBER Y N. R. VOLK, 1984. Amaranth Grain Production Guide. Rodale Press, Emmaus, Pa.
3. FULMER, R. W., 1984. Amaranth: Postharvest concerns. Proc. III Amaranth Cont. Emmaus, Pa., Sept. 11.
4. HAUPTLI, H., R. L. LUTZ Y S. K. JAIN, 1979. Germplasm exploration in Central and South America. Proc. II Amaranth Conf. Rodale Press, Emmaus, Pa., 117-122.
5. MARTINEAU, J. R., 1984. Grain amaranth yield trials in the arid west. Proc. III Amaranth Conf. Emmaus, Pa., Sept. 11
6. MEMORIA DEL I SEMINARIO NACIONAL DEL AMARANTO, 1984. (Ed.) CONACYT - Colegio de Post-Graduados, SARH. Chapingo, México, Oct. 25.
7. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1984. Amaranth. Modern Prospects for an ancient crop. Natl. Acad. Press, Wash., D.C.
8. SÁNCHEZ-MARROQUÍN, A., 1980. Potencialidad Agroindustrial del Amaranto. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo (Ed.), México, D.F.
9. SANCHEZ-MARROQUÍN, A., S. MAYA Y J. L. PEREZ, 1979. Agroindustrial potential of amaranth in Mexico. Proc. II Amaranth Conf. Rodale Press, Emmaus, Pa., 95-116.
10. SÁNCHEZ-MARROQUÍN, A., 1983. Dos Cultivos Olvidados: El Amaranto y la Quinua. Arch Latinoamer. Nutr., 33: 11.
11. SÁNCHEZ-MARROQUÍN, A., M. V. DOMINGO, S. MAYA Y C. SALDANA, 1985. Amaranth flour blends and fractions for baking applications. J. Food Science (en prensa, abril, 1985).
12. SAUNDERS, R. M. Y R. BECKER, 1984. Amaranthus: a potential food and feed resource. In: Y. Pomeranz (Ed.) Adv. Cereal Sci. and Tech. Amer. Ass. Cereal Chem., St. Paul, Minn, 6: 357-396.
13. UPCHURCH, R. P., 1981. New crops for arid lands. In: Advances in Food Producing Systems for Arid and Semiarid Lands. Academic Press, Inc. New York.