

Cuantificación de Compuestos Antinutricionales en Cuatro Especies Silvestres de *Amaranthus* en Nuevo León, México¹

P. Wesche-Ebeling*, D.J. González**, G. García**, R.K. Maiti**.

ABSTRACT

The levels of antinutritional factors in four wild species of *Amaranthus* (*A. blitoides* Wats., *A. palmeri* Wats., *A. retroflexus* L., and *A. viridis* L.) in the pre-flowering stage were determined. The compounds analyzed were nitrates, oxalates, cyanogenic glucosides, tannins and phytates. These compounds were found in levels lower than those reported as toxic by the literature, except for nitrates, which were found to be within the range considered as toxic (0.34% - 2.0%). However, nitrates can easily be eliminated by cooking in water. No HCN (determined through the indirect method for cyanogenic glucosides) was found in any of the samples. These results indicate that the four *Amaranthus* species have great potential as vegetables for human consumption or as animal forage, due to their low antinutritional factor content, as well as to the high nutritional value reported for this genus.

RESUMEN

Por medio de este trabajo se realizó la cuantificación de los compuestos antinutricionales en cuatro especies de *Amaranthus* silvestres en etapa de prefloración (*A. blitoides* Wats., *A. palmeri* Wats., *A. retroflexus* L. y *A. viridis* L.). Se analizó el contenido de nitratos, oxalatos, glucósidos cianogénicos, taninos y fitatos. Estos compuestos se encontraron en cantidades más bajas del nivel tóxico reportado en la literatura, con excepción del contenido de nitratos, el cual cayó dentro del rango de toxicidad reportado (0.34% - 2.0%); sin embargo, este compuesto puede eliminarse fácilmente mediante cocción en agua. No se detectó la presencia de HCN (método indirecto para la determinación de glucósidos cianogénicos) en ninguna especie. Estos resultados indican que las cuatro especies de *Amaranthus* tienen un gran potencial como verdura para consumo humano o forraje animal debido a su bajo contenido de antinutrientes, además del alto valor nutritivo informado en general para este género.

Palabras clave: *Amaranthus*, compuestos antinutricionales, nutrición.

INTRODUCCION

La investigación sobre el aprovechamiento de los recursos naturales, animales y vegetales, de gran valor nutritivo, ha sido siempre prioritaria. Aunque existe un gran número de cultivos nativos de importancia económica, estos no han sido explotados al máximo para beneficio social. Entre estos cultivos se tiene el amaranto silvestre.

Varias especies del género *Amaranthus* son importantes malezas de cultivo, en tanto que otras son ornamentales o plantas útiles con fines medicinales, como forrajeras y/o comestibles (2, 13). Las plantas de amaranto crecen, principalmente, en zonas cálidas o

templado-cálidas; toleran la sequía y poseen un sistema fotosintético muy eficiente, pues son especies C-4; además, muchas poseen un elevado contenido de proteínas en sus hojas y semillas (2, 13).

En México, la planta de amaranto silvestre se aprovecha casi en su totalidad. Se consume como verdura (hojas y tallos) o como "cereal" (semilla). Se cultiva principalmente en las zonas templadas en el sur del país; en la región noreste se encuentran diferentes especies de *Amaranthus*, que crecen en condiciones ambientales adversas.

En el estado de Nuevo León, Méx., se han realizado algunos trabajos sobre amaranto (14, 15, 20, 22), en los cuales se menciona el alto valor nutritivo de varias especies silvestres, y han recomendado a algunas de ellas con potencial alimenticio como verdura. Sin embargo es necesario conocer el contenido de factores antinutritivos presentes en estas plantas, pues influyen en la calidad nutritiva de las mismas. Tal es el caso de los nitratos, que pueden reaccionar con otros compuestos y formar nitrosaminas, compuestos altamente carci-

¹ Recibido para publicación el 5 de agosto de 1991.

* Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de las Américas; Apartado Postal 391, Santa Catarina Mártir, Puebla, Méx., C.P. 72820.

** Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Ciudad Universitaria; Apartado Postal F-16, San Nicolás de los Garza, N.L., Méx., C.P. 66450.

nógenos (6); los oxalatos que afectan la absorción de calcio, pues forman compuestos insolubles difíciles de absorber por el organismo (11); los glucósidos cianogénicos, que son sustancias que liberan HCN, el cual causa envenenamiento (3); los taninos, que reaccionan con las proteínas y producen complejos insolubles, por lo que la proteína no puede ser metabolizada (1); los fitatos, que interfieren la disponibilidad de minerales (4, 17) y otros compuestos.

El objetivo de este trabajo fue cuantificar los compuestos antinutritivos en cuatro especies silvestres de *Amaranthus* de Nuevo León durante la etapa de prefloración, como primer paso en el estudio de su potencial nutritivo como verdura para humanos o forraje para animales.

MATERIALES Y METODOS

Material biológico

Ejemplares de *Amaranthus* silvestres en etapa de prefloración: *A. blitoides* Wats., *A. palmeri* Wats., *A. retroflexus* L. y *A. viridis* L. El material vegetal fue recolectado en los terrenos de la Ciudad Universitaria (San Nicolás de los Garza, Nuevo León, Méx.) y separado en sus diferentes porciones: hoja, tallo y planta entera, exceptuando la raíz; posteriormente se secó a 70 °C de 24 h - 48 h y, después, se procedió a moler las muestras, las que se guardaron en frascos de vidrio hasta el momento de su utilización. Se usaron tres plantas de cada especie y para cada sección (hoja, tallo y entera), combinándose el material antes del secado y mezclando perfectamente el polvo obtenido. Todos los análisis se llevaron a cabo por duplicado y con material vegetal seco, excepto en la determinación de glucósidos cianogénicos donde se trabajó con plantas frescas. En los casos en que la diferencia de los resultados obtenidos entre los duplicados excedía el 5%, se reparó el análisis.

Determinación de nitratos

Fue realizada mediante el método Kjeldahl modificado para incluir los nitratos (21). Esta técnica cuantifica el nitrógeno total (nitrógeno orgánico y de nitratos) y, mediante una modificación de la misma, se corrió un control para cuantificar solamente el nitrógeno orgánico, obtenido por diferencia.

Determinación de oxalatos

Se utilizó la cromatografía gas-líquida, de acuerdo a la técnica descrita por Sutikno *et al.* (16), con algunas modificaciones en el tratamiento de la muestra (12). Se empleó un cromatógrafo de gases marca Beckman modelo GC72-5, con integrador marca Spectra Physics modelo SP 4270 en las siguientes condiciones: columna de acero inoxidable con 190 cm de longitud y 1/8 pulgada de diámetro; fase estacionaria: desoxiglicol succinato (DEGS) 12%; soporte Anakrom, con un tamaño de malla de 80/100; detector de ionización de flama; temperaturas: columna = 120 °C; detector= 200°C; inyector= 150°C; flujos: aire = 240 cc/min, H₂= 30 cc/min, N₂= 30 cc/min (gas acarreador); presión = 40 psi; rango 100, y atenuación, 128.

Determinación de glucósidos cianogénicos

Se realizó mediante la determinación de ácido cianhídrico (método indirecto) en una planta fresca de acuerdo con la metodología descrita por Pethybridge, en 1919 (7, 10).

Determinación de taninos

El análisis se hizo por el método del HCl-vainillina modificado y reportado por Burns (1971) (20).

Determinación de fitatos

La concentración de fitatos presentes se cuantificó de acuerdo con la metodología descrita por Davis (4).

RESULTADOS Y DISCUSION

Nitratos

El presente trabajo mostró un contenido de nitratos entre 0.42% y 2.57% en base seca (b.s.), encontrándose los valores más altos en el tallo (Cuadro 1). Aunque las cantidades obtenidas se mantienen en el rango de toxicidad reportado (0.34% - 2.0% b.s.), no representaría un riesgo si estas plantas se hierven antes de usarlas, ya que

los nitratos se eliminan casi en su totalidad en el agua de cocción (5).

Cuadro 1. Contenido¹ de nitratos (porcentaje de base seca) en cuatro especies de *Amaranthus* en etapa de prefloración.

Especie	Hoja	Tallo	Entera
<i>A. blitoides</i>	0.80	2.57	1.20
<i>A. palmeri</i>	0.40	1.37	1.64
<i>A. retroflexus</i>	1.02	1.37	0.80
<i>A. viridis</i>	0.89	1.86	1.02
Espinaca ²	1.22		
<i>A. caudatus</i> ²	1.57 ³		
<i>A. cruentus</i> ²	1.15 ³		

1 Análisis por duplicado, error estándar <5%; 2 (8); 3 follaje.

Oxalatos

En las especies de amaranto analizadas se encontraron valores entre 0.17% y 0.42% en b.s., siendo mayor la cantidad de este compuesto en la planta entera, excepto en el caso de *A. retroflexus* que tuvo su máximo valor en la hoja (Cuadro 2). Estos valores son bajos si se comparan con otras especies de amaranto reportadas en la literatura (8).

Cuadro 2. Contenido¹ de oxalatos (porcentaje de base seca) en cuatro especies de *Amaranthus* en etapa de prefloración.

Especie	Hoja	Tallo	Entera
<i>A. blitoides</i>	0.17	0.18	0.35
<i>A. palmeri</i>	0.35	0.40	0.42
<i>A. retroflexus</i>	0.32	0.25	0.28
<i>A. viridis</i>	0.24	0.21	0.26
Espinaca ²	5.60		
<i>A. caudatus</i> ³	2.24 ⁴		
<i>A. cruentus</i> ³	3.92 ⁴		

1 Análisis por duplicado, error estándar <5%; 2 (8); 3 (18); 4 follaje.

Glucócidos cinógenos

En las cuatro especies de *Amaranthus* analizadas no se encontró HCN (método indirecto para determinar glucósidos cianogénicos), aun después de aumentar el peso de la muestra al doble, y utilizando plántulas de sorgo y soluciones estándar de KCN como testigos. Esto favorece el empleo de la porción vegetativa de amaranto como alimento.

Taninos

En relación con el contenido de taninos se determinaron valores entre 0.004 y 0.068 equivalentes de catequina, encontrándose en la hoja las mayores cantidades (Cuadro 3); estos valores concuerdan con lo informado en la literatura para otras especies de *Amaranthus* (8, 18), no siendo consideradas las concentraciones dañinas pues se ha establecido que son necesarias concentraciones de catequinas de 2% o más en la dieta, para causar disminución en el crecimiento (9).

Cuadro 3. Contenido¹ de taninos (expresados como equivalentes de catequina) en cuatro especies de *Amaranthus* en etapa de prefloración.

Especie	Hoja	Tallo	Entera
<i>A. blitoides</i>	0.068	0.015	0.039
<i>A. palmeri</i>	0.039	0.004	0.017
<i>A. retroflexus</i>	0.053	0.005	0.011
<i>A. viridis</i>	0.044	0.005	0.016
<i>A. cruentus</i> ²	0.026		
<i>A. edulis</i> ³	0.22		
<i>A. hybridus</i> ³	0.12		

1 Análisis por duplicado, error estándar <5%; 2 (8); 3 (19).

Fitatos

El contenido de fitatos fue variable con valores que van desde 0.17% a 0.36 por ciento. Este compuesto se encontró en mayor cantidad, principalmente en la hoja (Cuadro 4). Sin embargo, esas cantidades no alcanzaron el nivel tóxico del 1% citado por Davis (4), por lo que las cuatro especies de *Amaranthus* presentaron un nivel aceptable del compuesto. Comparando el amaranto con la espinaca, la cual presenta valores de nitrato y oxálico anhidro de 1.22% y 9.3% b.s., respectivamente (8), se observa que las cuatro especies analizadas son bajas en oxalato y similares en nitratos a la espinaca. Estos dos compuestos pueden disminuirse si los vegetales se someten a cocción, con lo cual estos antinutrientes serían ingeridos en menores cantidades.

Cuadro 4. Contenido¹ de fitatos (porcentaje de peso seco) en cuatro especies de *Amaranthus* en etapa de prefloración.

Especie	Hoja	Tallo	Entera
<i>A. blitoides</i>	0.25	0.19	0.35
<i>A. palmeri</i>	0.36	0.17	0.35
<i>A. retroflexus</i>	0.36	0.22	0.20
<i>A. viridis</i>	0.35	0.34	0.21
<i>A. cruentus</i> ²	0.50	-0.62	
<i>A. hybridus</i> ²	0.55		
<i>A. hypochondriacus</i> ²	0.54	-62	

1 Análisis por duplicado, error estándar <5%; 2 (8).

CONCLUSIONES

Muchas especies de *Amaranthus* se han consumido tradicionalmente hasta nuestros días, ya sea como verdura o como cereal, en varios lugares, incluso en la India y en América, especialmente en la región andina, Centroamérica y México (18). Por otro lado, las plantas de *Amaranthus* son sumamente resistentes y crecen en forma silvestre en suelos con bajo aporte de agua o nutrimentos; esto se observa principalmente en el caso de campos agrícolas, en los que ocurre una proliferación de plantas de amaranto después de recolectar la cosecha (15). Estas plantas silvestres de amaranto han recibido poca atención; sin embargo, el alto valor nutritivo del amaranto cultivado hace necesario el estudio del potencial nutritivo de las especies silvestres, tanto para consumo humano como animal.

En esta investigación se confirmó una toxicidad baja en las especies silvestres estudiadas; no obstante, los nitratos están presentes en niveles elevados, aunque en cantidades comparables a las encontradas en espinaca o en especies cultivadas de amaranto. Además, los nitratos se eliminan durante la cocción. Se puede concluir que, desde el punto de vista toxicológico, las cuatro especies de *Amaranthus* analizadas se pueden consumir como verdura. La aceptación final deberá ser verificada mediante pruebas sensoriales de diferentes presentaciones como verdura.

LITERATURA CITADA

1. BADUID, S. 1986. Química de los alimentos. México, D.F. Ed. Alhambra Mexicana 430 p.
2. BERTONI, M.H.; GOMEZ, R.G.; CATTANEO, P.; COVAS, G. 1984. Estudios sobre semillas de especies americanas de *Amaranthus*. I. Aceites de *A. caudatus*, *A. cruentus* y *A. mantegazzianus*. Anales de la Asociación Química Argentina 72(4):391-397.
3. CONN, E.E. 1973. Cyanogenic glycosides. In Toxicants occurring naturally in food. 2nd. ed. Washington, D.C., National Academy of Sciences. p. 299-306.
4. DAVIS, K.R. 1981. Proximate composition, phytic acid, and total phosphorus of selected breakfast cereals. Cereal Chemistry 58(4):347-350.
5. DE TROIANI, R.M. 1989. Contenido de nitratos y proteína en plántulas de *Amaranthus cruentus* L. cv. Don Guiem. Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Agronomía, Arg. Amarantos Novedades e Informaciones 2:3-4.
6. FASSETT, D.W. 1973. Nitrates and nitrites: Oxalates. In Toxicants occurring naturally in foods. 2nd. ed. Washington, D.C., National Academy of Sciences p. 7-21, 346-359.
7. GARCIA MENDOZA, F. 1986. Estudio comparativo sobre algunas características morfológicas, anatómicas y bioquímicas en las líneas "glossy" y "no glossy" de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en diferentes etapas de desarrollo. Tesis de Licenciatura Monterrey, Méx., Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. 87 p.
8. GOMEZ, R.G.; BERTONI, M.H.; COVAS, G. 1986. Composición química general y contenido de oxalatos y nitratos totales y remanentes después de cocción del follaje en especies americanas de amarantos (*Amaranthus* spp.). Anales de la Asociación Química Argentina 74(4):333-338.
9. IMERI VELARDE, A.G. 1985. Estudio de algunos aspectos químicos, biológicos y tecnológicos de 25 variedades de *Amaranthus caudatus*. Tesis de Maestría. INCAP/Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 83 p.
10. LEAL RIOS, F. 1990. Variabilidad del carácter "glossy" y cera epicuticular en sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y su relación con la resistencia a sequía. Tesis de M.Sc. en Producción Agrícola. Marín, Méx., Facultad de Agronomía. 95 p.
11. LIBERT, B.; FRANCESCHI, V.R. 1987. Oxalate in crop plants. Journal of Agricultural Food Chemistry 35(6):926-938.
12. MAITI, R.K.; WESCHE-EBELING, P.; SOSA-ALVARADO, F. 1991. Especies silvestres de *Amaranthus* de Nuevo León, Méx. I. Aspectos ecológicos y botánicos. II. Patrones de crecimiento. Universidad y Ciencia (UJAT-Méx.) 8(15):61-67, 69-76.
13. ONOFRE GOMEZ, J.L. 1990. Análisis químico-toxicológico de la planta y semilla de *Brassica campestris* L. y *Sisymbrium irio* L. Tesis Lic. Monterrey, N.L., Méx., Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. 44 p.
14. POGGIO, L. 1987. Aspectos citogenéticos de los amarantos silvestres y cultivados. In Primeras Jornadas Nacionales sobre Amarantos. Actas Universidad Nacional de La Pampa, Arg., Facultad de Agronomía. p. 34-44.
15. ROSASCHIAPA, J.L. 1984. Notas autoecológicas del quelite (*A. retroflexus* L.) en el municipio de Gral. Escobedo, Nuevo León, México. Tesis Lic. Monterrey, Méx., Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. 160 p.
16. SUTIKNO, A.I.; SUHERMAN, D.; TANGENDJAJA, B. 1987. A screening method for total oxalate determination in plant material by gas chromatography. Journal of the Science of Food and Agriculture 39:233-238.
17. TANGKONGCHITR, U.; SEIB, P.A.; HOSENEY, R.C. 1981. Phytic acid. I. Determination of three forms of phosphorus in flour, dough and bread. Cereal Chemistry 58(3):226-228.
18. TEUTONICO, R.A.; KNORR, D. 1985a. Amaranth: Composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. Food Technology. p. 49-60.
19. TEUTONICO, R.A.; KNORR, D. 1985b. Nondestructive method for determination of water-soluble oxalate in cultured *Amaranthus tricolor* cells. Journal of Agricultural Food Chemistry 33:60-62.

20. TORRES CEPEDA, T.E. 1990. Estudio comparativo de las características anatómicas, morfológicas y algunos aspectos bioquímicos y nutricionales de variedades de granos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) utilizado para alimentación de ganado bovino de engorda en el noreste del país. Tesis de Maestría en Ciencias con Especialidad en Botánica. Monterrey, Méx., Universidad Nacional de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. 179 p.
21. USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). 1981. Investigación de suelos: Métodos de laboratorio y procedimientos para recoger muestras. EE.UU., Departamento de Agricultura, Servicio de Conservación de Suelos. México, D.F., Trillas p. 102-103.
22. VIRAMONTES GARCIA, R.L. 1986. Contribución al conocimiento del *Amaranthus* spp. (quelite): Taxonomía-bromatología, en 10 municipios de Nuevo León, México. Tesis Lic. Monterrey, Méx., Universidad de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. 48 p.

VAN REEUWIJK, L.P. (ED.). 1992. Procedures for soil analysis. 3d. ed.). Wageningen, The Netherlands, International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). Technical Paper no. 9, p.i.

La importancia de la tercera edición del Manual de Procedimientos de Análisis de Suelos del ISRIC radica en que representa la metodología estandarizada internacional en el área de análisis de suelos. Los capítulos del libro corresponden a métodos específicos relacionados con procedimientos para la clasificación de suelos; y no se incluyen muchos otros métodos requeridos para otros fines (p.e. fertilidad).

No se incluye en el libro la caracterización del sitio de muestreo. Aunque otros textos disponibles contemporáneos (Anderson e Ingram 1989 en el *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods*, CAB-International) enfatizan en la necesidad de contar con esta información para poder interpretar adecuadamente los resultados del análisis.

Se incluyen 25 métodos de análisis muy bien descritos, que contrasta con la innumerable colección y descripción de métodos incluidos en otro texto similar publicado por el USDA (Soil Survey Staff 1992, *Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report no. 42*). Esta discrepancia entre dos documentos de la misma fecha, y diseñados para un mismo fin, dejan entrever la diferencia en enfoques entre el ISRIC y el USDA.

A pesar de que el Dr. van Reeuwijk es coautor con el Dr. Mozota en otra publicación del ISRIC de 1989 (*Cly Mineralogy and Chemistry of Soils Formed in Volcanic Material in Diverse Climatic Regions. Soil monograph no. 2*), los métodos citados para caracterizar este tipo de suelos tampoco se incluyen en el Technical Paper no. 19, debido a que la metodología aún no es oficial.

DR. ALFREDO ALVARADO H.
CENTRO DE INVESTIGAC. AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA