

Contenido de oligoelementos y factores antinutricionales de hojas comestibles nativas de Mesoamérica

Content of trace elements and antinutritional factors in edible leaves native to Mesoamerica

Armando Cáceres^{1,3*}, Vicente Martínez-Arévalo², Max S. Mérida-Reyes^{1,3}, Aníbal Sacabajá²,
Alejandra López¹ y Sully M. Cruz¹

¹Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y ²Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) y

³Laboratorios de Productos Naturales Farmaya, Guatemala.

*Autor al que se dirige la correspondencia: acaceres@farmaya.net

Recibido: 08 de agosto 2019 / Revisión: 11 de septiembre 2019 / Aceptado: 12 de noviembre 2019

Resumen

Los oligoelementos son importantes constituyentes nutricionales de las hierbas comestibles. Se colectaron 11 especies, nueve nativas (*Amaranthus hybridus*, *Cnidoscolus aconitifolius*, *Crotalaria longirostrata*, *Dysphania ambrosioides*, *Lycianthes synanthera*, *Sechium edule*, *Solanum americanum*, *S. nigrescens*, *S. wendlandii*) y dos introducidas (*Moringa oleifera*, *Spinacea oleracea*) en dos regiones de Guatemala. Se prepararon muestras de la hierba seca, cocida y de caldo de hierba fresca. Se cuantificaron por espectrofotometría de absorción atómica los macro (N, P, K) y oligoelementos (Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Mn), taninos por espectrofotometría y oxalatos por permanganometría. El contenido de oligoelementos es diverso, para Zn, la hierba control *S. oleracea* contienen buena cantidad (90-140 ppm); de las nativas *D. ambrosioides* (130-160 ppm) y *A. hybridus* (70-80 ppm) tienen la mayor cantidad. Respecto a Fe las hierbas control tienen buena composición (*S. oleracea*, 220-280 ppm y *M. oleifera*, 105-135 ppm); de las nativas *A. hybridus* (90-240 ppm), *C. aconitifolius* (75-185 ppm) y *L. synanthera* (75-140 ppm) tienen buenas concentraciones. Se encontraron niveles elevados de oxalatos en *S. oleracea* (67.30 (5.51) mg/g), *L. synanthera* (56.30 (9.67) mg/g) y *S. nigrescens* (33.6 (5.48) mg/g); en las demás hierbas se encontraron niveles menores. Los niveles de taninos fueron bajos (0.1-0.8 mg/g) para todas las especies. Se demuestra que cuatro especies nativas tienen un buen contenido de oligoelementos y presentan valores menores de antinutricionales que los controles.

Palabras claves: Microelementos, *Amaranthus hybridus*, *Cnidoscolus aconitifolius*

Abstract

Trace elements are important nutritional constituents from edible herbs. Eleven species were collected in two regions of Guatemala, nine native (*Amaranthus hybridus*, *Cnidoscolus aconitifolius*, *Crotalaria longirostrata*, *Dysphania ambrosioides*, *Lycianthes synanthera*, *Sechium edule*, *Solanum americanum*, *S. nigrescens*, *S. wendlandii*) and two introduced (*Moringa oleifera*, *Spinacea oleracea*). Dry, cooked and broth samples were prepared. By atomic absorption spectrometry, macro (N, P, K) and trace elements (Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Mn) were quantified, tannins by spectrophotometry, and oxalates by permanganometry. Trace elements content is diverse, for Zn, control herb *S. oleracea* contained high quantity (90-140 ppm); from the natives *D. ambrosioides* (130-160 ppm) and *A. hybridus* (70-80 ppm) contained high amounts. For Fe, control herbs had high composition (*S. oleracea*, 220-280 ppm, *M. oleifera*, 105-135 ppm); from the natives *A. hybridus* (90-240 ppm), *C. aconitifolius* (75-185 ppm) and *L. synanthera* (75-140 ppm) had the highest amounts. High levels of oxalates were demonstrated in *S. oleracea* (67.30 (5.48) mg/g), *L. synanthera* (56.30 (9.67) mg/g), and *S. nigrescens* (33.6 (5.48) mg/g); from the others levels <30 mg/g were found. Tannin levels were low (0.1-0.8 mg/g) for all species. It is concluded that four native species has important trace element content and showed antinutritional element lower than control.

Keywords: Oligoelements, *Amaranthus hybridus*, *Cnidoscolus aconitifolius*



Introducción

Un oligoelemento (micronutriente o microelemento) es aquel que contribuye con $< 0.01\%$ del peso corporal. A pesar de encontrarse en bajas cantidades, son esenciales para múltiples funciones. Los mamíferos almacenan sus reservas, aumentan la absorción intestinal y disminuyen la excreción en situaciones de escases. Es necesario, revisar los conceptos de los niveles de referencia de la ingesta en lo referente a estos elementos (Schümann, 2006). Son necesarios para producir enzimas, hormonas y contribuir a regular actividades de crecimiento, desarrollo y funcionamiento de sistema inmune y reproductivo.

Los malos hábitos dietéticos, como los alimentos pobres en valor nutritivo y la baja ingestión de hojas y frutas, comprometen severamente el consumo de oligoelementos en la dieta diaria. Su consumo previene las infecciones en niños, permitiendo que sean más sanos y que tengan un desarrollo óptimo (Ekweagwu, Agwu, & Madukwe, 2008). Es conocido el valor que las poblaciones tradicionales dan a la ingesta de hierbas y vegetales, tanto cuando las condiciones económicas o ambientales son adversas, como cuando se desea recuperar a un paciente después de una enfermedad o para prevenir la presencia de síntomas de desnutrición crónica.

Guatemala está considerado uno de los peores países en lo referente a desnutrición, por un lado por la desigual distribución de la riqueza, recursos y servicios, y por el otro, porque además de la desnutrición aguda por deficiencia proteínico-calórica, es evidente la desnutrición crónica por la falta de alimentos adecuados para mantener un niño sano, siendo el único país en América Latina que ha fallado en el propósito de disminuir la desnutrición (Loewenberg, 2009).

Los programas para superar esta crisis se concentran en la producción de cereales para proveer proteína y calorías, o bien la intervención asistencialista con alimentos importados que genera dependencia y vulnera la seguridad alimentaria, poco se ha hecho para mejorar la ingesta de alimentos ricos en micronutrientes. El aprovechamiento de las hierbas comestibles mejoran la dieta y fortalece la conservación de la biodiversidad, como se puso en práctica en Sudáfrica (Dovie, Shackleton, & Witkowski, 2007).

El término “hambre oculta” describe la desnutrición por una dieta inadecuada, que si bien son adecuadas en calorías, son deficientes en vitaminas y/o minerales, lo que afecta la salud, desarrollo y longevidad

del ser humano (White & Broadley, 2009). Una opción viable para aliviar este problema es la conservación, producción y uso de los recursos fitogenéticos locales, esfuerzos que promovidos por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (Incap), la Facultad de Agronomía de la USAC (Fausac), el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) y el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (CIRF), fomentando el uso de especies como hierba mora, chipilín y amaranto (Azurdía, 2008; Martínez, 2006).

Según White y Broadley (2009) el ser humano requiere 22 minerales para su bienestar, los cuales son aportados por una dieta apropiada y diversa. A pesar de su disponibilidad, se estima que un 60% de la población mundial tiene deficiencia de Fe, 30% de Zn y I, y 15% de Se, además de deficiencias de Ca, Mg, Cu y Mn en zonas específicas, sin embargo en 2004 el Consenso de Copenhague lo consideró un problema evitable. Para que la biodisponibilidad sea efectiva es necesario aumentar la presencia de promotores que estimulan la absorción de los minerales, así como reducir la concentración de anti-nutricionales que interfieren con su absorción.

La nutrición integral debe prevalecer en toda la vida reproductiva de la mujer. La suplementación multivitamínica en el embarazo es efectiva para reducir los recién nacidos con peso bajo y las malformaciones congénitas. No se encuentra beneficios en la protección de defectos genéticos, ni parece influir en la mortalidad perinatal (Ciudad Reynaud, 2014).

La desnutrición por falta de oligoelementos ha despertado gran interés desde los años 90, al abordarse el tema en foros científicos internacionales sobre nutrición y haciendo contrapeso a la preocupación convencional sobre la importancia de la proteína y energía. La vitamina A, Fe e I han sido parcialmente suplidos por programas de suplementación, pero los niveles de Zn, que son importantes para los países en desarrollo, no han sido suplementados (Solomons & Ruz, 1997).

Se postula que la integración de vegetales ricos en micronutrientes en la dieta es la forma más fácil, práctica y sustentable de mejorar estas deficiencias, por el costo de producción y la productividad, pero su consumo es inferior a lo necesario, por lo que las políticas deben basarse en aumentar la ingesta e interés por su consumo y mejorar las formas de preparar los alimentos (Ali & Tsou, 1997), o bien el fortalecimiento de alimentos de gran consumo.

Una revisión de la ingesta de niños vegetarianos y omnívoros en 10 países, demostró que los omnívoros

de Guatemala ingieren 9.0 ± 2.7 mg/día de Zn, 1.9 ± 1.2 mg/día de Cu y 3.6 ± 2.0 mg/día de Mn (Cavan et al., 1993), valores ligeramente más altos que los vegetarianos de otros países. La disponibilidad podría ser baja, siendo los niños los más vulnerables a niveles bajos de Zn, los dos primeros provienen de vegetales, mientras que el Mn de los cereales (Gibson, 1994).

En países desarrollados suplementar con Zn, Ca y Mg en el embarazo mejora el peso al nacer en poblaciones a riesgo, los folatos previenen defectos del tubo neural, el suplemento con vitamina A reduce la mortalidad materna, y el complejo B, Cu y Se mejoran el producto del embarazo (Ramakrishnan, Manjrekar, Rivera, González-Cossio, & Martorell, 1998). En la dieta básica de la población chilena se detectó deficiencia de Fe, Zn y Cu, aunque esta es baja en vegetales verdes (Olivares, Pizarro, de Pablo, Araya, & Uauy, 2004).

El Fe transporta y almacena el O; facilita las reacciones mitocondriales y la síntesis de ADN, participa en el crecimiento, cicatrización, reproducción y defensa. Constituye la hemoglobina eritrocitaria, la mioglobina muscular y se almacena en la ferritina hepática. Se encuentra en varios alimentos, mayormente en tejidos animales. La deficiencia se manifiesta como anemia; pero el consumo excesivo puede producir hemocromatosis e insuficiencia cardíaca (Yehuda & Mostofsky, 2010). Por el impacto de la deficiencia en embarazadas y niños, es parte de la ventana de los mil días, que mejora la ingesta materna o promueve la fortificación de los alimentos, estrategia apoyada por la Organización Mundial de la Salud (Black, 2012).

El Zn participa en el crecimiento y desarrollo, en la función neurológica, reproductiva, enzimática y metabólica, en el desarrollo de enfermedades crónicas (Christian & Stewart, 2010) y del sistema inmune, afectando el manejo de infecciones (Lal et al., 2013). El 85% se encuentra en el hueso y músculo. Las principales fuentes son de origen animal, la biodisponibilidad es limitada por los agentes quelantes (Prasad, 2009; 2014). En embarazadas turcas sanas y no suplementadas se demostró que los niveles séricos de Se y Zn son bajos durante el embarazo y los de Cu son altos (Kilin, Coskun, Bilge, Imrek, & Atlu, 2010). La suplementación ayuda en el manejo de enfermedades metabólicas crónicas (Capdor, Foster, Petocz, & Samman, 2013).

El Mg es esencial para múltiples funciones fisiológicas de unas 300 enzimas, se localiza en huesos y músculo (Dermience, Lognag, Mathieu, & Goyens, 2015). Se absorbe activa y pasivamente, no parece estar bajo el control hormonal; los requisitos diarios van de 80-170 mg/día en niños y 300-400 mg/día en adultos y

embarazadas; no se conocen efectos adversos por altas concentraciones (Vormann, 2003). Los efectos de su deficiencia son difíciles de definir por la diversidad de enzimas que lo requieren, pero afecta la función paratiroidea, produce osteopenia, fragilidad ósea, osteoporosis (Aaseth, Boivin, & Andersen, 2012) y patologías por deficiencia de hormonas paratiroideas (Dermience et al., 2015; Rude & Gruber, 2004).

El Mn es útil para el crecimiento, formación ósea, desarrollo y homeostasis celular y en el metabolismo de amino ácidos; forma parte de varias enzimas; su deficiencia es escasa, pero reduce la fertilidad, produce defectos de nacimiento y en el metabolismo de la glucosa (Dermience et al., 2015). El exceso es neurotóxico y afecta los neurotransmisores (Michalke & Fernsebner, 2014), tiene responsabilidad en enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer y esclerosis lateral amiotrófica (ELA) (Bowman et al., 2011). En pacientes con daño renal crónico se eleva a niveles tóxicos similar a creatinina, urea y ácido úrico (Sánchez-González et al., 2015).

El Cu participa en la dinámica redox vital, afecta la apoptosis, el desarrollo esquelético y la función nerviosa, es parte de unas 30 enzimas; se almacena en hueso y músculos; su deficiencia causa afecciones neurológicas (López de Romaña, Olivares, Uauy, & Araya, 2011). Una dieta con exceso de Fe puede inducir deficiencia de Cu, por lo que se recomienda que las personas con exceso de Fe consuman un suplemento de Cu (Klevay, 2001).

La deficiencia de micronutrientes afecta unos tres billones de gentes, principalmente mujeres y niños de familias pobres, resultando en una salud pobre, baja productividad y altas tasas de morbilidad y mortalidad. La promoción del uso e integración a la dieta de vegetales silvestres podría contribuir al uso prolongado y a su conservación (Flyman & Afolayan, 2006) o bien servir de base para desarrollar técnicas agrícolas que permitan aumentar la acumulación y biodisponibilidad de micronutrientes en los alimentos cultivados (Welch & Graham, 2005).

Un estudio revela asociación entre la falta de crecimiento y desarrollo adecuado de los niños, con una desnutrición crónica por sobrepeso en la madre, asociada con falta de ejercicio y un mayor acceso a alimentos procesados de bajo costo con alta energía dietética, pero baja densidad nutritiva, sugiriendo que los tomadores de decisiones deberán tomar esto en cuenta en la lucha contra la desnutrición (Lee, Houser, Must, Dulladosa, & Bermudez, 2010).

La Encuesta Nacional de Micronutrientes 2009-2010 demuestra que en Guatemala la prevalencia de deficiencia de Fe evaluada por los niveles séricos de ferritina y α_1 -glicoproteína ácida es severa en todo el país (18.6 % en el área urbana y 41.7 % en la rural), utilizando como punto de corte 30 $\mu\text{g/mL}$, hecho que se complica con las frecuentes infecciones infantiles (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social [MSPAS], 2010). Además demuestra que la prevalencia de deficiencia de Zn es severa (24.8 % en el área urbana y 41.8 % en la rural), representando un problema severo de salud pública que se manifiesta por detención del crecimiento, así como efecto en la profilaxis, tratamiento, severidad y duración de las infecciones infantiles.

Los antiguos habitantes de Mesoamérica desarrollaron una agricultura avanzada basada en maíz, frijol, calabaza y pimientos que se ha transferido a otras regiones, sin embargo se ha prestado poca atención a otros materiales cultivados o recolectados para alimento o medicina. Las fuentes históricas de la agricultura precolombina demuestran el aprecio que tenía por el consumo de hierbas, detectándose cuando menos 35 especies pertenecientes a 10 familias, que eran muy apreciadas, de las cuales no todas han sido identificadas botánicamente (Picó & Nuez, 2000).

En 1961 el Incap y el Comité Internacional sobre Nutrición para el Desarrollo Nacional (ICNND) publican la tabla de composición de los alimentos para América Latina (Wu Leung & Flores, 1961). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) desarrolló tablas similares para África en 1968 y Asia en 1972. La compilación de las tres tablas y otras 19 fuentes es una importante fuente de referencia (Duke & Atchley, 1986).

La biodisponibilidad de Fe de la dieta depende de la composición global de la comida, que incluye la presencia de aumentadores e inhibidores de la absorción; la dieta del guatemalteco basada en el alto consumo de tortilla de maíz contiene cantidades altas de fitato, potente inhibidor de la absorción de Fe (Cook, Reddy, Burri, Juillerat, & Hurrell, 1997) y Zn (Sandstead & Freeland-Graves, 2014), por lo que se ha sugerido fortificar la tortilla con NaFeEDTA para contrarrestar estos inhibidores (Davidsson, Dimitriou, Boy, Walczyk, & Hurrell, 2002).

Los factores antinutricionales (taninos, saponinas y oxalatos) al unirse a los nutrientes disminuyen su biodisponibilidad. Estos son sustancias naturales no fibrosas generadas por el metabolismo vegetal como un mecanismo de defensa contra sus depredadores e

interfieren en la absorción de los nutrientes (Gutierrez, Ortiz, Muñoz, Bah, & Serrano, 2010). Los taninos forman complejos con proteínas y minerales, pudiendo afectar la salud animal desde interferencia con los alimentos hasta la muerte en casos extremos (Gutierrez et al., 2010), aunque son responsables de la actividad antioxidante. Los oxalatos se encuentran en cantidades pequeñas en los vegetales, pero pueden acumularse hasta rangos de 3-15% de su peso seco, algunos son sales solubles de K y Na, o bien sales insolubles de Ca, Mg y Fe, que pueden estar en forma cristalizada o quelando los nutrientes de interés alimenticio (Radek & Savage, 2008).

Para determinar el efecto de factores antinutricionales en la biodisponibilidad de Ca y Fe, se evaluaron 13 hierbas en la India; el ácido oxálico fue < 1 g/kg en cuatro vegetales y el resto varió entre 1.22 y 11.98 g/kg, la fibra dietaria varió entre 19.5 y 113.7 g/kg y los taninos entre 0.6138 y 2.1159 g/kg; cuatro hierbas demostraron disponibilidad de Fe del 40%, las otras fluctuaron entre 6-30% (Gupta, Lakshmi, & Prakash, 2006). Algunos vegetales tuvieron alto contenido de taninos (*Delonix elata*, 1,330 mg/hg), pero ninguno tuvo contenidos altos de oxalatos (Gupta, Lakshmi, Manjunath, & Prakash, 2005).

Este artículo informa sobre el contenido de oligoelementos y componentes antinutricionales de hojas de 11 especies alimenticias nativas de uso tradicional o introducido colectadas en dos lugares de cultivo para describir su composición química y fortalecer la información que se tiene sobre los materiales alimenticios disponibles en el área rural mesoamericana.

Materiales y métodos

Muestreo y extracción

Por revisión de literatura, se detectaron 25 especies vegetales cuyas hojas se consumen tradicionalmente como alimento en Guatemala. Se escogieron por su impacto nutricional y frecuencia de uso, nueve especies nativas de Mesamérica y dos introducidas de alto consumo mundial. Las especies nativas son *Amaranthus hybridus*, *Cnidioscolus aconitifolius*, *Crotalaria longirostrata*, *Dysphania ambrosioides*, *Lycianthes synanthera*, *Sechium edule*, *Solanum americanum*, *S. nigrescens* y *S. wendlandii*; y, las introducidas *Moringa oleifera* y *Spinacea oleracea* (Tabla 1).

Tabla 1
 Información general sobre las especies vegetales colectadas

Especie (Familia) - Nombre común	Iden.	Lugar de colecta (municipio, departamento)	Georeferencia; altura (msnm)	No. voucher
<i>Amaranthus hybridus</i> L. (Amaranthaceae) - Bledo	Ah1 Ah2	Aldea El Pinalito, San Pedro Pinula, Jalapa Los Albizures, Chiquimulilla, Santa Rosa	N 14°40'20.0"; O 89°52'30.9"; 1,152 N 14°03'39.6"; O 90°21'45.6"; 186	CFEH 1264 CFEH 1269
<i>Cnidioscolus aconitifolius</i> (Mill.) I. M. Johnston. (Euphorbiaceae) - Chaya	Ca1 Ca2	Fca. El Porvenir, Nueva Concepción, Escuintla CEDA-Fausac, Ciudad Universitaria, zona 12	N 14°07'26.8"; O 91°17'03.0"; 30 N 14°34'54.5"; O 90°33'10.9"; 1,479	CFEH 1271 CFEH 1272
<i>Crotalaria longirostrata</i> Hook. & Arn. (Fabaceae) - Chipilín	Cl1 Cl2	San Bernardino, Suchitepéquez Los Albizures, Chiquimulilla, Santa Rosa	N 14°33'44.0" O 91°27'16.9"; 440 N 14°03'58.5"; O 90°21'23.4"; 183	CFEH 1268 CFEH 1270
<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin & Clemants (Amaranthaceae) - Apazote	Da1 Da2	Los Turuy, San Juan Sac., Guatemala Los Chavac, San Juan Sac., Guatemala	N 14°42'33.7"; O 90°40'24.5"; 1,735 N 14°43'34.1"; O 90°37'50.6"; 1,820	CFEH 1281 CFEH 1377
<i>Lycianthes synanthera</i> (Sendtn.) Bitter (Solanaceae) - Quilete, chomité	Ls1 Ls2	El Kakawatal, Samayac, Suchitepéquez Aldea Sanimiaca, Cobán, Alta Verapaz	N 14°33'06.0"; O 91°27'57.9"; 623 N 15°29'28.0"; O 90°27'56.5"; 1,245	CFEH 1277 CFEH 1278
<i>Moringa oleifera</i> Lam. (Moringaceae) - Moringa, paraíso blanco	Mo1 Mo2	Fca. El Porvenir, Nueva Concepción, Escuintla El Simarrón, San José Pinula, Guatemala.	N 14°07'19.3"; O 91°17'01.6"; 33 N 14°32'08.8"; O 91°23'17.9"; 1,749	CFEH 1267 CFEH 1273
<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw. (Cucurbitaceae) - Güisquil, chayote	Se1 Se2	Aldea El Paraíso, San José Pinula, Guatemala Km 20 Carr. CA-1, Fraijanes, Guatemala	N 14°36'47.8"; O 90°22'43.2"; 1,451 N 14°30'33.9"; O 90°28'35.8"; 1,861	CFEH 1274 CFEH 1275
<i>Solanum americanum</i> Mill. (Solanaceae) - Hierba mora	Sa1	Fca. San José, San Bernardino, Suchitepéquez	N 14°31'49.4"; O 91°28'25.8"; 377	CFEH 1279
<i>Solanum nigrescens</i> Mart. & Gal. (Solanaceae) - Makuy	Sn1 Sn2	Santo Domingo, Santiago Sac., Sacatepéquez Loma Alta, San Juan Sac., Guatemala	N 14°38'25.5"; O 90°40'26.5"; 2,064 N 14°42'53.6"; O 90°40'33.6"; 1,696	CFEH 1263 CFEH 1280
<i>Spinacia oleracea</i> L. (Chenopodiaceae) - Espinaca	So1 So2	Santo Domingo, Santiago Sac., Sacatepéquez La Comunidad, Santiago Sac., Sacatepéquez.	N 14°38'25.0"; O 90°40'29.0"; 2,062 N 14°38'27.9"; O 90°41'07.3"; 1,859	CFEH 1266 CFEH 1376
<i>Solanum wendlandii</i> Hook.f. (Solanaceae) - Quixtán	Sw2 Sw1	Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz El Kakawatal, Samayac, Suchitepéquez	N 15°48'16.6"; O 89°52'05.0"; 1,167 N 14°33'05.6"; O 91°28'01.0"; 621	CFEH 1276 CFEH 1265

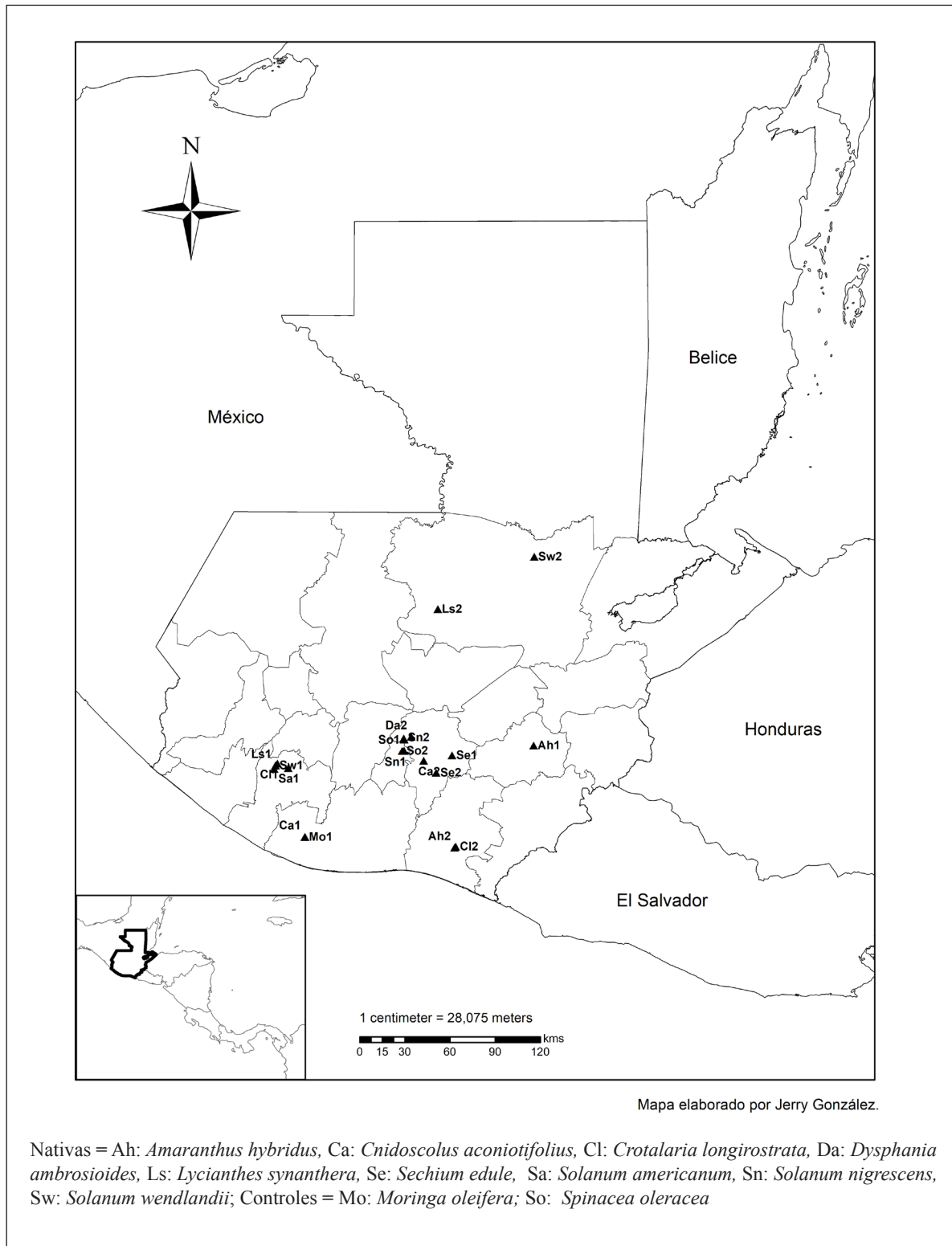


Figura 1. Lugares de colecta de las especies vegetales comestibles

El material provino de poblaciones cultivadas o de área bajo manejo o silvestres, (Figura 1), se determinó en el Herbario del Laboratorio de Productos Naturales Farmaya (CFEH) y se confirmó en el Herbario de la Escuela de Biología (BIGU). El muestreo por conveniencia se definió por contacto previo y al momento de colecta. En cada lugar se hizo una encuesta etnobotánica para conocer la forma de uso alimenticio de cada especie (Tabla 2) y se tomó una muestra de suelo. De cada especie se colectaron 4-8 kg de material fresco de 6-10 individuos de dos regiones.

Se prepararon tres tipos de muestra por especie y área de colecta: a) caldos, 100 g del vegetal fresco se cocinaron en 1 L de agua durante 5 min; b) materia vegetal seca, se pesaron 2 kg y se secaron en un horno a 40°C, hasta humedad <10%; y, c) la hierba usada para elaborar los caldos se colocó en un deshidratador de alimentos hasta humedad <10%.

Estudio químico

Cuantificación de oligoelementos. En el Laboratorio de Suelos y Aguas de Fausac, se pusieron a punto los procedimientos para cuantificar oligoelementos según lo establecido para prestar el servicio público (AOAC, 2006). El material seco se pulverizó y preparó para digestión; ya digerido se analizó por su contenido de oligoelementos en un espectrómetro de absorción atómica (Perkin Elmer AAnalyst 700). Los resultados se presentan como un rango del contenido de cada elemento en el material de los dos lugares estudiados.

Cuantificación de oxalatos. Una muestra de 10 g en 200 mL de agua destilada se agitó por 15 min, se agregaron 100 mL de agua y 55 mL de HCl 6N; se sometió a reflujo por 25 min y se aforó a 500 mL; se dejó reposar toda la noche, se filtró y se descartaron los primeros 100 mL; se agregaron 25 mL del filtrado y 5 mL de ácido fosfotúngstico y se dejó reposar 5 h, se filtró, se tomaron 20 mL, se ajustó a pH 4-4.5 con amonio; se agregaron 5 mL de solución tampón de acetatos con 0.45 mol/L saturada con CaCl₂, se dejó reposar durante la noche. Se centrifugó a 1,700 rpm, se lavó con tampón de acetatos y se descartó el sobrenadante, el precipitado se disolvió en 35 mL de agua, con 1 mL de H₂SO₄ concentrado, y se tituló a 60-70°C, con una solución de KMnO₄ 0.1 N, hasta viraje a color violeta que permanece 15 seg. Con los resultados de siete repeticiones, tres réplicas y dos regiones se calculó el promedio y la desviación estándar.

Cuantificación de taninos. Se prepararon concentraciones de ácido tánico, se adicionó solución de amonio y citrato férrico, se agitó y leyó en espectrofotómetro a 525 nm (Agilent 8453), para hacer curvas de calibración para cuantificar el contenido de taninos (AOAC, 2006) y estandarizar la metodología. La cuantificación se realizó en el material vegetal según la estandarización previa, después de extracción con dimetilformamida, reacción con amonio y citrato férrico y cuantificación espectrofotométrica a 525 nm. Con los resultados de siete repeticiones y tres réplicas y dos regiones se calculó el promedio y la desviación estándar.

Resultados

Contenido de oligoelementos

Se analizaron muestras de 11 especies seleccionadas y dos proveniencias, incluyendo análisis de material vegetal seco y cocido, el caldo de la decocción, y el suelo del lugar de colecta. Aprovechando la colecta se recopiló información sobre el uso de las hierbas en la alimentación campesina, demostrándose que todas se consumen tradicionalmente, predominando los caldos y los envueltos en huevo (Tabla 2). Los rendimientos de materiales sólidos secos después de extracción fueron relativamente bajos, encontrándose valores entre 0.31 y 1.06%.

Los resultados de los oligoelementos evaluados se expresan por un rango definido por el valor encontrado en dos lugares de procedencia que son: elementos mayores (N, P, K, Ca, Mg) en g por hg (%) (Tabla 3), y elementos menores (Na, Fe, Mn, Cu, Zn) en partes por millón (ppm) (Tabla 4). En términos generales las hierbas control (*S. oleracea* y *M. oleifera*) tanto de las hojas secas y cocidas secas, como de los caldos, tienen buenos contenidos de oligoelementos, aunque en algunos casos, las especies nativas tienen concentraciones similares e inclusive mayores.

La Tabla 3 muestra los datos de los elementos mayores, en donde se observa que el caldo es en el que se encuentra la menor cantidad. Los contenidos de N son similares en todos (2.97-6.61 %). En el caso de P en la hierba seca, las hojas de *S. edule* (0.51-0.60 %) y de *D. ambrosioides* (0.37-0.45 %) presentan mayor cantidad, aún más que los controles; en el caldo se presenta disminución. En el caso de K, la mayoría de hierbas nativas secas presentan mayor contenido que los controles, encontrándose cantidades importantes en el caldo. En el caso de Ca, la mayoría de plantas presentan

Tabla 2
Información etnobotánica culinaria de las especies colectadas

Vegetal	Lugar y fecha de colecta de información	Información etnobotánica obtenida sobre el uso de las hojas de los 11 vegetales
Bledo	San Pedro Pinula, 15/05/2013	Se cuecen las hojas en agua hirviendo, se escurre y luego se bate con huevo para hacer tortillas de huevo.
Bledo	Chiquimulilla, 21/07/2013	Las hojas se cocinan con huevo en la elaboración de tortitas que luego se fríen.
Chaya	Nueva Concepción, 21/04/2013	Se prepara en caldo de pollo, el cual se condimenta con tomate y cebolla.
Chaya	Guatemala, 31/07/2013	Las hojas se utiliza para la preparación de pollo en caldo condimentado con tomate y cebolla.
Chipilín	San Bernardino, 23/06/2013	La utilizan en la preparación de tamales conocidos como tamalitos de chipilín. También se mezclan con arroz y frijoles parados o en caldo con arroz, tomate, cebolla y ajo.
Chipilín	Chiquimulilla, 21/07/2013	Se preparan en caldo con tomate, cebolla y consomé y también en la elaboración de tamalitos.
Apazote	San Juan Sacatepéquez, 22/10/2013	Las hojas las cocinan con huevo, tomate y sal.
Apazote	San Juan Sacatepéquez, 20/02/2014	Lo cocinan en caldo de huevos, con cangrejo y frijoles. La utilizan para tratar dolor de estómago y para curar heridas
Quilete	Samayac, 23/06/2013	Las hojas se cocina por fritura en sartén con un poco de aceite, tomate, cebolla y consomé.
Quilete	Cobán, 29/09/2013	Las hojas las preparan en caldo con tomate, cebolla y sal entre 15 y 20 min.
Moringa	Nueva Concepción, 21/04/2013	Es un cultivo destinado para la exportación como suplemento alimenticio.
Moringa	San José Pinula, 04/09/2013	Cultivo destinado para elaboración de cápsulas de polvo que se venden como suplemento alimenticio.
Hierba mora	San Bernardino, 13/10/2013	Las hojas tiernas se cocinan en caldo con tomate, cebolla y sal.
Güisquil	Fraijanes, 20/08/2013	Con las puntas y hojas tiernas del güisquil se prepara un caldo condimentado con cebolla, tomate y sal.
Güisquil	San José Pinula, 28/08/2013	Las puntas y hojas tiernas se preparan en caldo con pollo condimentado con cebolla, tomate y sal.
Makuy	Santiago Sacatepéquez, 03/07/2013	Las hojas tiernas se utilizan para preparar caldo con tomate, cebolla y sal
Makuy	San Juan Sacatepéquez, 22/10/2013	Las hojas tiernas se utilizan para preparar caldo con tomate, cebolla y sal
Espinaca	Santiago Sacatepéquez, 03/07/2013	Las hojas frescas se preparan en ensaladas con aceite de oliva con frutas o con lechuga.
Espinaca	Sacatepéquez, 11/02/2014	Las hojas se cocinan apagada con aceite en sartén, tomate, cebolla, chirmol y tortilla
Quixtán	Samayac, 05/05/2013	Se cuece en agua hirviendo el bofe y luego se agregan el hígado o costilla, la cebolla, el tomate y el quixtán.
Quixtán	Fray Bartolomé, 30/09/2013	Se cocinan junto con la carne de res para preparar caldo al que se le agregan verduras.

Tabla 3
 Contenido de elementos mayores en planta cruda seca, cocida seca, caldo y suelo (rango por valor de dos proveniencias)

Ele	Preparación	Ah	Ca	Cl	Da	Ls	Sa*	Se	Sn	Sw	Mo	So
N	Planta seca (%)	3.64-4.65	2.97-4.03	5.34-5.48	4.16-5.84	4.57-5.43	5.20	4.81-5.10	5.72-5.81	5.20-5.24	3.88-4.12	4.99-6.61
	Planta cocida (%)	3.86-4.75	2.52-4.38	5.01-5.84	5.37-4.96	4.86-5.70	5.65	4.31-5.27	0.27-0.29	3.90-3.99	3.60-4.86	5.36-6.84
P	Planta seca (%)	0.28-0.37	0.26-0.38	0.24-0.28	0.37-0.45	0.18-0.26	0.34	0.51-0.60	0.27-0.36	0.19-0.20	0.19-0.33	0.36-0.50
	Caldo (ppm)	18.4-46.3	9.6-41.5	11.2-16.7	28.0-28.6	26.0-28.7	0.32	3.5-5.9	18.5-29.0	11.0-17.4	30.4-32.8	7.4-33.9
K	Planta cocida (%)	0.21-0.26	0.20-0.22	0.10-0.20	0.24-0.30	0.11-0.15	0.26	0.34-0.37	0.16-0.21	0.11-0.16	0.30-0.37	7.4-33.9
	Suelo (meq/hg)	2.6-87.0	4.5-71.0	0.6-2.6	107-110	0.5-0.7	20	31.9-95.0	99-131	1.7-3.7	67-105	34.0-87.0
Ca	Planta seca (%)	1.1-1.6	2.3-3.2	0.7-2.1	3.5-5.7	2.9-3.4	2.7	3.3-4.9	3.8-3.9	3.6-4.4	1.0-1.9	0.4-0.5
	Caldo (ppm)	510-810	490-600	490-580	7-410	240-490	620	290-350	490-500	615-730	400-650	550-630
Mg	Planta cocida (%)	0.69-1.06	0.88-1.06	0.13-0.31	1.63-2.43	0.69-0.78	0.75	0.63-1.13	1.44-2.0	1.13-1.38	3.44-3.55	0.23-0.25
	Suelo (meq/hg)	0.3-0.7	0.4-0.5	0.2-1.0	1.5-1.6	0.2-1.2	1.1	1.0-2.0	1.1-2.0	2.2-2.3	3.3-4.2	0.8-3.4
Ca	Planta seca (%)	1.3-1.7	1.9-2.2	1.1-1.4	1.1-1.6	1.3-1.8	0.9	0.3-0.7	2.1-2.8	2.0-2.2	0.8-2.1	0.6-0.7
	Caldo (ppm)	5-8	45-72	12-68	0-10	50-200	113	15-20	100-120	50-155	150-225	1-8
Mg	Planta cocida (%)	0.7-1.6	1.2-2.1	0.7-1.0	1.7-2.3	1.9-2.6	0.8	0.3-0.7	3.1-3.6	2.0-2.8	1.1-1.4	0.8-1.2
	Suelo (meq/hg)	5.7-16.5	12.5-36.2	6.0-9.7	8.0-8.5	6.0-7.3	12.7	7.5-15.5	10.7-12.2	3.4-10.0	9.7-11.5	9.5-14.0
Mg	Planta seca (%)	0.1-0.2	0.3-0.4	0.2-0.3	0.8-0.9	0.4-0.5	0.3	0.2-0.3	0.7-0.8	0.4-0.8	0.2-0.4	1.0-1.1
	Caldo (ppm)	86.2-88.8	73.8-88.8	42.5-80.0	77.5-124.0	83.8-187.5	50	18.2-19.0	34.5-45.0	115.0-150.0	75.0-102.5	66.2-161.0
Mg	Planta cocida (%)	0.1-0.2	0.2-0.3	0.1-0.2	0.4-0.5	0.2-0.3	0.1	0.1-0.2	0.5-0.7	0.3-0.4	0.2-0.3	0.6-0.8
	Suelo (meq/hg)	1.4-1.5	1.9-4.2	0.9-2.1	2.3-2.3	0.9-1.6	1.9	1.5-3.2	2.4-3.6	0.6-2.6	3.3-4.6	2.3-5.6

Nota. Nativas = Ah: *Amaranthus hybridus*, Ca: *Cnidoscolus aconitifolius*, Cl: *Crotalaria longirostrata*, Da: *Dysphania ambrosioides*, Ls: *Lycianthes synanthera*, Se: *Sechium edule*, Sa: *Solanum americanum*, Sn: *Solanum nigrescens*, Sw: *Solanum wendlandii*; Controles = Mo: *Moringa oleifera*; So: *Spinacea oleracea* * Solo se analizó una proveniencia.

valores mayores que los controles, particularmente *S. nigrescens* (2.1-2.8 %) y *S. wendlandii* (2.0-2.2 %). En el caso de Mg los valores más altos los presenta *S. oleracea* (1.0-1.1 %) y *D. ambrosioides* (0.8-0.9 %), las demás presentan un contenido similar.

En la Tabla 4 se presenta la concentración de oligoelementos, en donde se observan que *S. oleracea* (220-280 ppm) presenta la mayor cantidad de Fe; de las plantas nativas, *A. hybridus* (90-240 ppm) y *C. aconitifolius* (75-185 ppm) presentan la mayor cantidad. Se observa que no necesariamente el suelo con mayor cantidad del mineral proporciona a las hojas una mayor cantidad, ya que el nivel de los minerales en los suelos no coincide con los minerales elevados en las hojas o en los caldos. En el caso de Fe la decocción de las hojas ayuda a su liberación, lo cual no sucede con los otros minerales, ni se trata de un patrón en las especies estudiadas.

En cuanto a Zn la mayor cantidad se encontró en *D. ambrosioides* (130-160 ppm), *S. oleracea* (90-140 ppm) y *A. hybridus* (70-80 ppm). Respecto a Mn las plantas con mayor contenido son *D. ambrosioides* (360-465 ppm), *S. nigrescens* (145-230 ppm) y *A. hybridus* (45-340 ppm), inclusive mayores que ambos controles. En el caso de Cu cuatro especies nativas presentan contenidos similares a las hierbas controles (Tabla 4).

Contenido de antinutricionales

Las hierbas que presentaron mayor contenido de oxalatos en la planta seca son: *S. oleracea* (67.30 (5.51) mg/g), *L. synanthera*, (56.31 (9.67) mg/g) y *C. longirostrata* (50.02 (7.84) mg/g); en caldo deshidratado son *S. oleracea* (65.13 (5.47) mg/mL), *L. synanthera* (45.62 (5.04) mg/mL) y *S. nigrescens* (28.71 (7.44) mg/g); y, en planta cocida seca, *A. hybridus* (54.16 (6.93) mg/g), *L. synanthera* (38.44 (9.67) mg/g) y *S. wendlandii* (29.38 (9.58) mg/g) (Tabla 5).

Las hierbas que presentaron mayor contenido de taninos en la planta seca son *D. ambrosioides* (0.60 (0.06) mg/g) y *L. synanthera* (0.60 (0.10) mg/g); en caldo deshidratado son *S. oleracea* (0.81 (0.32) mg/mL) y *L. synanthera* (0.74 (0.15) mg/mL); y, en la planta cocida seca son *S. nigrescens* (0.54 (0.09) mg/g) y *C. aconitifolius* (0.50 (0.07) mg/g) (Tabla 5).

Discusión

La encuesta etnobotánica demuestra que todas las hojas estudiadas tienen uso tradicional en la alimen-

tación del guatemalteco, aunque pareciera que el uso está desapareciendo y las nuevas generaciones conocen poco sobre estos alimentos. A este desconocimiento se suma que en la encuesta se detectó una baja diversidad de formas de preparación y uso, lo que limita su consumo y favorece la introducción de comidas rápidas y alimentos industrializados por las nuevas generaciones. Para mejorar el uso de estos alimentos ancestrales es necesario mejorar y diversificar su forma de preparación y consumo para rescatar el valor que la cultura le dio en el pasado y proponer fusiones culinarias modernas que amplíen su consumo.

Contenido de oligoelementos

Con los datos obtenidos de los principales macroelementos, tanto en la hierba seca, como cocida y el caldo, podemos decir que el caldo es la forma en la que menor cantidad de cada uno de los macroelementos se encuentra, demostrando que se debe consumir la hierba para que la cantidad ingerida sea representativa y alcance niveles útiles para la alimentación humana.

Las especies usadas como control se consideran como valores de referencia, *S. oleracea* presenta la mayor cantidad de Zn, Fe y Cu; mientras que *M. oleifera* presenta los mejores valores de Fe y Cu. Al comparar los minerales de las plantas control con las plantas nativas, vemos que los valores en las plantas control presentan mayor contenido de Fe y Cu, pero en cuanto a Zn y Mn las plantas nativas presentan mayor cantidad de estos minerales.

Los trabajos de Bressani en el Incap y luego en la Universidad del Valle han generado información sobre el valor nutricional en varias especies nativas. En una muestra silvestre y cuatro variedades cultivadas en Guatemala de *C. aconitifolius*, se estudió la composición química nutricional, encontrándose valores de microelementos, tales como Fe (21.5 mg/hg), Zn (7.2 mg/hg), Cu (1.3 mg/hg) y Mg (484 mg/hg), así como el perfil de ácidos grasos, recomendando que estas hierbas podrían contribuir a superar la inseguridad alimentaria y combatir la desnutrición humana y animal (Cifuentes, de Pöll, Bressani, & Yurrita, 2010).

El análisis químico de la composición de 13 vegetales verdes poco utilizados en India demostró que cuatro (*Amaranthus tricolor* L., *Centella asiatica* L., *Digera arvensis* Forssk. y *Celosia argentea* L.) poseen cantidades importantes de Fe (13.15-17.72 mg/hg) que podrían contribuir a disminuir la desnutrición crónica (Gupta et al., 2005). En el caso de las hojas de *M. oleifera*, el contenido de Zn de variedades africanas dio

Tabla 4
 Contenido de elementos menores en planta cruda seca, cocida seca, caldo y suelo (rango por valor de dos proveniencias en ppm)

Ele	Preparación	Ah	Ca	Cl	Da	Ls	Sa*	Se	Sn	Sw	Mo	So
Na	Planta seca	170-950	100-1,700	80-100	350-450	60-110	80	65-70	90-95	95-105	115-650	6,250-6,875
	Planta cocida	145-500	55-450	60-100	200-240	50-100	85	55-75	85-95	80-90	75-1,850	2,150-1,850
	Caldo	1.6-8.0	0.45-4.0	2.3-6.0	7.0-7.5	0.5-2.4	3.2	1.8-75	2.1-2.6	1.7-1.8	1.7-2.7	26-137
Fe	Suelo	0.07-0.78	0.37	0.09-0.11	0.37-0.40	0.09-0.11	0.15	0.11-0.16	0.16-0.23	0.10-0.12	0.22-0-26	0.11-0.33
	Planta seca	90-240	75-185	80-105	60-100	75-140	80	70-100	95-130	75-120	105-135	220-280
	Planta cocida	90-255	80-160	105-115	85-105	90-95	150	85-95	85-155	100-150	185-210	260-345
Mn	Caldo	0.4-0.5	1.4-1.6	0.1-0.4	0.1-0.3	0.1-0.2	0.2	0.1-0.2	0.1-0.3	0.1-0.4	0.1-0.5	0.1-0.8
	Suelo	17-19	0.01-14	4-5	15-30	1.2-3.5	1	2-22	21-25	5-16	15-60	12-42
	Planta seca	45-340	55-60	30-100	360-465	15-80	50	20-85	145-230	25-45	25-30	45-55
Cu	Planta cocida	40-370	50-55	20-85	265-430	15-85	50	25-105	110-225	20-35	20-25	25-45
	Caldo	0.3-3.3	0.5-0.8	0.3-1.3	4.8-5.2	0.4-1.1	0.6	0.1-0.2	1.3-2.2	0.3-0.5	0.5-0.6	0.4-0.6
	Suelo	50-72	15-23	9-50	12-53	11-12	19	0.5-2.5	14-54	13-75	27-75	17-72
Zn	Planta seca	10-12	1-10	3-5	0.1-5.0	7-20	5	10-15	0.1-5	5-10	5-70	5-10
	Planta cocida	10-15	5-7	5-8	0.1-10.0	8-15	10	10-18	0.1-10	5-10	5-50	10-15
	Caldo	0.01-0.1	0.01-0.02	0.01-0.04	0.01-0.02	0.01-0.05	0.01	0.01-0.1	0.01-0.2	0.01-0.02	0.01-0.80	0.01-0.10
S	Suelo	0.5-4.0	0.01-2.00	1.8-10	2-4	0.15-0.25	0.5	0.5-2.5	1-3	0.5-1.0	1.2	2-3
	Planta seca	70-80	40-45	30-35	130-160	30-45	50	35-40	35-40	25-45	20-25	90-140
	Planta cocida	70-105	40-45	15-20	155-165	10-15	35	20-25	25-30	2-25	20-28	70-140
P	Caldo	0.4-0.6	0.3-0.5	0.1-0.5	0.6-0.9	0.4-0.6	0.8	0.3-15	0.5-0.7	0.1-0.4	0.2-0.4	0.3-0.9
	Suelo	4-10	2-3	1-7	5-17	1-2	22	11-30	14-24	5-7	3-4	4-6

Nota. Nativas = Ah: *Amaranthus hybridus*, Ca: *Cnidoscolus aconitifolius*, Cl: *Crotalaria longirostrata*, Da: *Dysphania ambrosioides*, Ls: *Lycianthes synanthra*, Se: *Sechium edule*, Sa: *Solanum americanum*, Sn: *Solanum nigrescens*, Sw: *Solanum wendlandii*; Controles = Mo: *Moringa oleifera*; So: *Spinacea oleracea*
 * Solo se analizó una proveniencia.

Tabla 5

Cuantificación de oxalatos por permanganimetría y de taninos por espectrofotometría en hojas comestibles nativas

Planta	Preparación	Oxalatos Promedio (ds)*	Taninos Promedio (ds)*
Ah	Planta seca	37.01 (7.61)	0.09 (0.05)
	Caldo	23.29 (5.67)	0.04 (0.02)
	Planta cocida	54.16 (6.93)	0.08 (0.06)
Ca	Planta seca	11.43 (4.06)	0.19 (0.04)
	Caldo	19.16 (8.91)	0.18 (0.07)
	Planta cocida	17.94 (7.54)	0.50 (0.07)
Cl	Planta seca	50.02 (7.84)	0.47 (0.05)
	Caldo	25.60 (7.75)	0.11 (0.07)
	Planta cocida	8.85 (7.03)	0.35 (0.12)
Da	Planta seca	33.85 (2.90)	0.60 (0.06)
	Caldo	20.85 (3.37)	0.17 (0.06)
	Planta cocida	20.87 (2.97)	0.18 (0.07)
Ls	Planta seca	56.30 (9.67)	0.60 (0.10)
	Caldo	45.62 (5.04)	0.74 (0.15)
	Planta cocida	38.44 (9.67)	0.32 (0.09)
Mo	Planta seca	29.52 (8.26)	0.25 (0.06)
	Caldo	15.43 (8.39)	0.16 (0.10)
	Planta cocida	14.35 (7.72)	0.13 (0.06)
Sa**	Planta seca	41.79 (3.65)	0.05 (0.01)
	Caldo	25.94 (3.66)	0.21 (0.09)
	Planta cocida	11.56 (5.03)	0.11 (0.09)
Se	Planta seca	20.03 (5.51)	0.44 (0.24)
	Caldo	17.73 (3.76)	0.11 (0.05)
	Planta cocida	7.79 (2.16)	0.11 (0.03)
Sn	Planta seca	33.59 (5.48)	0.47 (0.05)
	Caldo	28.71 (7.44)	0.36 (0.04)
	Planta cocida	13.88 (6.80)	0.54 (0.09)
So	Planta seca	67.29 (5.51)	0.12 (0.08)
	Caldo	65.13 (5.47)	0.81 (0.32)
	Planta cocida	22.32 (7.39)	0.09 (0.08)
Sw	Planta seca	20.36 (9.01)	0.16 (0.06)
	Caldo	26.27 (9.04)	0.16 (0.08)
	Planta cocida	29.38 (9.58)	0.13 (0.05)

* promedio de siete repeticiones, tres réplicas y dos proveniencias en mg/g de muestra o mg/mL de caldo,

** solo se analizó una proveniencia

valores de 3.28 ± 0.21 mg/hg de materia seca (Coppin, 2008), así como de Mg (0.39-1.98 mg/hg) y Se (0.005-0.027 mg/hg) (Amaglo et al., 2010), mientras que los materiales de la India dieron contenidos mayores de Mn (7.68 mg/hg), Cu (0.82 mg/hg), Zn (2.59 mg/hg), Mg (1,896 mg/hg) y Fe (26.34 mg/hg) (Sharma, Gupta, & Rao, 2012). Estas diferencias pareciera deberse a las variedades vegetales de cada país, ya que el contenido de minerales en el suelo tiene poco efecto en el contenido de las hierbas.

Estudios etnobotánicos en áreas urbanas y periurbanas de Cameroon demuestran que una importante contribución en la alimentación de las familias pobres son las hojas de hierbas, tanto las cosmopolitas de uso común (Gockowski, Mbazo'o, Mbah, & Moulende, 2003), como algunas nativas poco conocidas (Ejoh, Nkongka, Inocent, & Moses, 2007).

Un análisis global del contenido de Zn en diversos alimentos europeos demostró que las hojas de *S. oleracea* están en el Grupo 3 (500-1,000 $\mu\text{g}/\text{hg}$) y es considerada una buena fuente de este micronutriente, particularmente porque este elemento no se une a las llamadas fitoquelatinas, péptidos que limitan la biodisponibilidad de Cu y Cd, así como su contenido parece depender más de la especie vegetal, que del origen de ese alimento (Scherz & Kirchoff, 2006).

Las hojas de *C. longirostrata* y *S. wendlandii* se evaluaron por su contenido de oligoelementos, encontrándose valores de Zn (0.19-0.60 mg/hg), Mg (16-82 mg/hg) y Cu (0.906-0.015 mg/hg) similares a otras verduras (Campos, 2003).

Las hojas de *C. aconitifolius* de Ghana demostraron una importante cantidad de Fe (18.6 g/kg), proteína cruda (269.5 g/kg) y varios amino ácidos; al evaluarla para el engorde de pollos se demostró que a los que se les administró tuvieron una tasa de mortalidad más baja que la que no los consumieron, a pesar que se identificó la presencia de glucósidos cianogénicos (Donkoh, Atuahene, Poku-Prempeh, & Twum, 1999). El extracto metanólico de materiales de Nigeria demostraron valores menores de Mg (23.46 mg/hg), Zn (0.02 mg/hg) y Fe (0.06 mg/hg) (Fagbohun, Egbibi, & Lawal, 2012). En Guatemala en varios cultivares nativos se encontraron contenidos mayores de Fe (14.8-29.4 mg/hg), Mn (3.5-4.9 mg/hg), Zn (5.2-9.3 mg/hg), Cu (1.1-1.6 mg/hg) y Mg (430-581 mg/hg) (Cifuentes et al., 2010).

En ocho especies de hierbas silvestres se encontraron valores en base húmeda de Mg (32-160 mg/hg), Fe (1.7-5.4 mg/hg), Cu (0.12-0.22 mg/hg) y Zn (0.41-1.2 mg/hg), demostrándose los mayores valores en hojas de *Amaranthus viridis* L. y *Verbena officinalis*

L. (Guil Guerrero, Giménez Martínez, & Torija-Isasa, 1998). El estudio inicial del Incap no incluía la composición de las hojas de *Amaranthus*, pero un estudio posterior, reportado por Martínez (1993) muestra su potencial nutricional. La evaluación del género *Amaranthus* demuestra que todas las especies son una bodega de vitaminas, amino ácidos esenciales y minerales, aunque se reconoce la pérdida por los procesos de preparación de alimentos (Venskutonis & Kraujalis, 2013).

Contenido de antinutricionales

Las hierbas habituales en la dieta poseen una naturaleza compleja y pueden presentar en su composición, además de los elementos alimenticios, sustancias antinutricionales, aquellas que por ellas mismas o a través de productos metabólicos generados, interfieren en la utilización de los alimentos, pudiendo afectar la salud de los consumidores (Morales & Troncoso, 2012).

Los taninos son polifenoles que quelan los minerales como Fe y Zn, por lo que reducen la absorción, insolubilizan los minerales, inhiben las enzimas digestivas, precipitan las proteínas y disminuyen su disponibilidad en la dieta (Beecher, 2003). En este estudio los contenidos son bajos, pocas especies tienen contenidos elevados, lo que podría hacer que los minerales no estén disponibles para aprovechar por el ser humano. Sin embargo como la mayoría tienen una concentración baja de taninos es de esperarse una actividad antioxidante y preventiva de enfermedades por parte de estos vegetales (Ghosh, 2015).

Es de hacer notar que *S. oleracea* es la especie que presenta mayor contenido de oxalatos y taninos, tanto en la planta seca como en el caldo. Respecto a las otras especies, la revisión de la literatura demuestra que *L. synanthera* ha demostrado una buena concentración de elementos minerales, pero una cantidad intermedia de factores antinutricionales como actividad hemaglutinante e inhibidora de tripsina y α -amilasa, aunque la decocción durante 15 min elimina estos factores (Salazar, Velásquez, Quesada, Piccinelli & Rastrelli, 2006).

Al igual que con los taninos, los oxalatos son indicadores de actividad antinutricional, ya que son quelantes de minerales, formando complejos insolubles, que impide su absorción. El organismo tolera cierta cantidad de oxalatos, pero un consumo alto puede producir déficit de minerales, cálculos renales, molestias digestivas y alteraciones en la coagulación (Negri, Spivacow, & Del Valle, 2013); incluso su consumo puede ser letal, en dosis > 5 g en adultos.

La evaluación del follaje de 61 accesos de 10 especies de *Amaranthus* usadas como hierba y grano en India demuestra contenidos variables en componentes alimenticios y antinutricionales (Prakash & Pal, 1991). En la materia seca de 11 hierbas, tres (*A. cruentus*, *A. viridis* y *S. oleracea*) tienen altas cantidades de oxalatos (5,138-12,576 mg/hg) y siete contienen oxalatos insolubles (209-2,774 mg/hg) (Radek & Savahe, 2008). En México, de 13 malezas usadas en alimentación animal, dos (*A. hybridus* y *Desmodium molliculum* (Kunth) DC.) poseen niveles de taninos y fitatos que podrían afectar la salud de los animales (Gutierrez et al., 2010).

Si bien *S. oleracea* tiene el mayor contenido de macro y micronutrientes, el contenido de antinutricionales dificulta su absorción; en *M. oleifera* únicamente su contenido de Cu fue superior, pero los antinutricionales fueron bajos. En las plantas nativas los mejores contenidos de Fe los demostraron *A. hybridus* y *C. aconitifolius*; en el caso de Zn, *A. hybridus* y *D. ambrosioides* y en el caso de Cu, *L. synanthera* fue el único comparable con las hierbas control. Por consiguiente para un consumo seguro se recomienda comer estas hierbas siempre cocidas.

El valor de los minerales en los suelos es bastante variable, pero podemos decir que los valores de los mismos en el suelo tienen poca relevancia en el contenido en la hierba seca, ya que no se encontró un aumento manifiesto en las hierbas en suelos ricos en los elementos o bien una marcada disminución de los elementos en los suelos relativamente pobres.

Para lograr un aprovechamiento óptimo de las especies nativas, se recomienda el uso combinado de las diversas hierbas, para lograr un “suplemento” natural que contribuya a combatir la desnutrición crónica, a diseñar dietas para recuperación de pacientes crónicos y a prevenir estados carenciales en la población en general (Cáceres & Cruz, 2019). Se estimula a autoridades, empresarios, chefs, académicos y público en general a producir y consumir estos alimentos en forma consuetudinaria para mejorar las condiciones de seguridad y soberanía alimentaria nacional.

Agradecimientos

Se agradecen el apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (proyecto Fodecyt 69-2013), así como la asistencia técnica de Ranferi Ampudia, Selena Carías, Nereida Marroquín, Ligia Sampuel y Jerry González.

Referencias

- Ali, M., & Tsou, S. C. S. (1997). Combating micronutrient deficiencies through vegetables - a neglected food frontier in Asia. *Food Policy*, 22, 17-38.
- Amaglo, N. K., Bennett, R. N., Lo Curto, R. B., Rosa, E. A. S., Lo Turco, V., Giuffrida, A., ... Timpo, G. M. (2010). Profiling selected phytochemicals and nutrients in different tissues of the multipurpose tree *Moringa oleifera* L., grown in Ghana. *Food Chemistry*, 122, 1047-1054. doi:10.1016/j.foodchem.2010.03.073
- AOAC (2006). AOAC Official Methods of Analysis. Chapter 2. Plants, subchapter 2. Metals in plants. AOAC International, 18th Edition.
- Azurdia, C. (2008). Agrobiodiversidad de Guatemala. En: CONAP - *Guatemala y su Biodiversidad* (pp. 399-463). Guatemala: CONAP.
- Beecher, G. R. (2003). Overview of dietary flavonoids: Nomenclature, occurrence and intake. *Journal of Nutrition*, 133 (10):3248S-3254S. doi:10.1093/jn/133.10.3248S
- Black, M. M. (2012). Integrated strategies needed to prevent iron deficiency and to promote early child development. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 26, 120-123. doi:10.1016/j.jtemb.2012.04.020
- Bowman, A. B., Kwakye, G. F., Herrero Hernández, E. & Aschner, M. (2011). Role of manganese in neurodegenerative diseases. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 25, 191-203. doi:10.1016/j.jtemb.2011.08.155
- Cáceres, A., & Cruz, S. M. (2019) Edible seeds, leaves and flowers as Maya super foods: function and composition. *International Journal of Phytocosmetics and natural Ingredients*, 6(2), doi:10.15171/ijpni.2019.02
- Campos, J. R. (2003). Contenido de macronutrientes, minerales y carotenos en plantas comestibles autóctonas de Guatemala (Tesis de Nutricionista). Guatemala: Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC, 128 p.
- Capdor, J., Foster, M., Petocz, P., & Samman, S. (2013). Zinc and glycemic control: A meta-analysis of randomized placebo controlled supplementation trials in humans. *Journal of Trace Elements in Me-*

- dicine and Biology*, 27, 137-142. doi: 10.1016/j.jtemb.2012.08.001
- Cavan, K. R., Gibson, R. S., Grazioso, C. J., Isalgue, A. M., Ruz, M., & Solomons, N. W. (1993). Growth and body composition of peri-urban Guatemalan children in relation to zinc status: a cross sectional study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 53, 334-343. doi:10.1093/ajcn/57.3.334
- Christian, P. & Stewart, C. P. (2010). Maternal micronutrient deficiency, fetal development, and the risk of chronic disease. *Journal of Nutrition*, 140, 437-445. doi: 10.3945/jn.109.116327
- Cifuentes, R., Pöll, E., Bressani, R., & Yurrita, S. (2010). Caracterización botánica, molecular, agronómica y química de los cultivares de chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) de Guatemala. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*, 21, 34-49.
- Ciudad Reynaud, A. (2014). Requerimiento de micronutrientes y oligoelementos. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 60, 161-170.
- Cook, J. D., Reddy, M. B., Burri, J., Juillerat, M. A., & Hurrell, R. F. (1997). The influence of different cereal grains on iron absorption from infant cereal food. *American Journal of Clinical Nutrition*, 65, 964-969. doi:10.1093/ajcn/65.4.964
- Coppin, J. (2008). *A study of the nutritional and medicinal values of Moringa oleifera leaves from sub-Saharan Africa* (MSc Thesis). New Brunswick: Rutgers University.
- Davidsson, L., Dimitriou, T., Boy, E., Walczyk, T., & Hurrell, R. F. (2002). Iron bioavailability from iron-fortified Guatemalan meals based on corn tortillas and black bean paste. *American Journal of Clinical Nutrition*, 75, 535-539. doi:10.1093/ajcn/75.3.535
- Dermience, M., Lognay, G., Mathieu, F., & Goyens, P. (2015). Effects of thirty elements on bone metabolism. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, doi:10.1016/j.jtemb.2015.06.005.
- Donkoh, A., Atuahene, C. C., Poku-Prempeh, Y. B., & Twum, I. G. (1999). The nutritive value of chaya leaf meal (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) Johnston): studies with broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 77, 163-172.
- Dovie, D. B. K., Shackleton, C. M., & Witkowski, E. T. F. (2007). Conceptualizing the human use of wild edible herbs for conservation in South African communal areas. *Journal of Environmental Management*, 84, 146-156. doi:10.1016/j.jenvman.2006.05.017
- Duke, J. A., & Atchley, A. A. (1986). *Handbook of proximate analysis tables of higher plants*. Boca Raton: CRC Press.
- Ejoh, R. A., Nkongha, D. V., Inocent, G., & Moses, M. C. (2007). Nutritional components of some non-conventional leafy vegetables consumed in Cameroon. *Pakistan Journal of Nutrition*, 6, 712-717.
- Ekweagwu, E., Agwu, A. E., & Madukwe, E. (2008). The role of micronutrients in child health: A review of the literature. *African Journal of Biotechnology*, 7, 3804-3810.
- Fagbohun, E. D., Egbegi, A. O., & Lawal, O. U. (2012). Phytochemical screening, proximate analysis and *in-vitro* antimicrobial activities of methanolic extract of *Cnidoscolus aconitifolius* leaves. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 13, 28-33.
- Flyman, M. V., & Afolayan, A. J. (2006). The suitability of wild vegetables for alleviating human dietary deficiencies. The suitability of wild vegetables for alleviating human dietary deficiencies. *South African Journal of Botany*, 72, 492-497.
- Ghosh, D (2015). Tannins from foods to combat diseases. *International Journal of Pharma Research & Review*, 4, 40-44
- Gibson, R. S. (1994). Content and bioavailability of trace elements in vegetarian diets. *American Journal of Clinical Nutrition*, 59 (suppl), 1223S-1232S. doi:10.1093/ajcn/59.5.1223S
- Gockowski, J., Mbazo'o, J., Mbah, G., & Moulende, T. F. (2003). African traditional leafy vegetables and the urban and peri-urban poor. *Food Policy*, 28, 221-235.
- Guil Guerrero, J. L., Giménez Martínez, J. J., & Torija-Isasa, M. E. (1998). Mineral nutrient composition of edible wild plants. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11, 322-328.
- Gupta, S., Lakshmi, A. J., Manjunath, M. N., & Prakash, J. (2005). Analysis of nutrient and antinutrient content of underutilized green leafy vegetables. *LWT*, 38, 339-345. doi: 10.1016/j.lwt.2004.06.012
- Gupta, S., Lakshmi, J., & Prakash, J. (2006). *In vitro* bioavailability of calcium and iron from selected

- green leafy vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 2147-2152. doi: 10.1002/jsfa.2589
- Gutierrez, D. M., Ortiz, D., Muñoz, G., Bah, M., & Serrano, V. (2010). Contenido de sustancias antinutricionales de malezas usadas como forraje. *Revista Latinoamericana de Química*, 38, 58-67.
- Kilin, M., Coskun, A., Bilge, F., Imrek, S. S., & Atlu, Y. (2010). Serum reference levels of selenium, zinc and copper in healthy pregnant screening program in southeastern Mediterranean region of Turkey. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 24, 152-156. doi:10.1016/j.jtemb.2010.01.004
- Klevay, L. M. (2001). Iron overload can induce mild copper deficiency. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 14, 237-240. doi:10.1016/S0946.672X(01)80009-2
- Lal, C. S., Kumar, S., Ranjan, A., Ravidas, V. N., Verma, N., Pandey, K. ... Das, P. (2013). Comparative analysis of serum zinc, copper, magnesium, calcium and iron level in acute and chronic patients of visceral leishmaniasis. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 27, 98-102. doi:10/1016/j.jtemb.2012.09.007
- Lee, J., Houser, R. B., Must, A., Dulladosa, P. P., & Bermudez, O. I. (2010). Disentangling nutritional factors and household characteristics related to child stunting and maternal overweight in Guatemala. *Economics & Human Biology*, 8, 188-196. doi: 10.1016/j.ehb.2010.05.014
- Loewenberg, S. (2009). Guatemala's malnutrition crisis. *Lancet*, 374, 187-189. doi:10.1016/s0147.6736(09)61314-3
- López de Romaña, D., Olivares, M., Uauy, R., & Araya, M. (2011). Risks and benefits of copper in light of new insights of copper homeostasis. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 25, 3-13. doi: 10.1016/j.jtemb.2010.11.004
- Martínez, A. B. (1993). *Cultive y aliméntese con blede*. Guatemala: IIME-USAC.
- Martínez, A. B. (2006). Hierba mora, chipilín y jicama para alimentarse con calidad y economía. Guatemala: Editorial Serviprensa.
- Michalke, B., & Fernsebner, K. (2014). New insights into manganese toxicity and speciation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 28, 106-116. doi: 10.1016/j.jtemb.2013.08.005
- Morales, M. L., & Troncoso, A. M. (2012). Sustancias antinutritivas presentes en los alimentos. Madrid: Editorial Díaz de Santos.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social [MSPAS]. (2010). *II Encuesta Nacional de Micronutrientes 2009-2010*. Guatemala: MSPAS/ INCAP.
- Negri, A., Spivacow, F., & Del Valle, E. (2013). La dieta en el tratamiento de litiasis renal. *Bases Fisiopatológicas. Medicina* (Buenos Aires), 73, 267-271.
- Olivares, M., Pizarro, F., de Pablo, S., Araya, M., & Uauy, R. (2004). Iron, zinc, copper: Contents in common Chilean foods and daily intakes in Santiago, Chile. *Nutrition*, 20, 205-212. doi:10.1016/j.nut.2003.11.021
- Picó, B., & Nuez, F. (2000). Minor crops of Mesoamerica in early sources (I). Leafy vegetables. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 47, 527-540.
- Prakash, D., & Pal, M. (1991). Nutritional and anti-nutritional composition of vegetable and grain amaranth leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 57, 573-583.
- Prasad, A. S. (2009). Impact of the discovery of human zinc deficiency on health. *Journal of the American College of Nutrition*, 28, 257-265.
- Prasad, A. S. (2014). Impact of the discovery of human zinc deficiency on health. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 28, 357-363. doi: 10.1016/j.jtemb.2014.09.002
- Radek, M., & Savage, G. P. (2008). Oxalates in some Indian green leafy vegetables. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 59, 246-260. doi:10.1080/09637480701791176
- Ramakrishnan, U., Manjrekar, R., Rivera, J., González-Cossio, T., & Martorell, R. (1998). Micronutrients and pregnancy outcome: A review of the literature. *Nutrition Research*, 19, 103-159.
- Rude, R. K., & Gruber, H. E. (2004). Magnesium deficiency and osteoporosis: animal and human observations. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 15, 710-716. doi:10.1016/j.jnutbio.2004.08.001
- Salazar, J., Velásquez, R., Quesada, S., Piccinelli, A. L. & Rastrelli, L. (2006). Chemical composition and antinutritional factors of *Lycianthes synanthera* leaves (chomte). *Food Chemistry*, 97, 343-348. doi:10.1016/j.foodchem.2005.05.015

- Sánchez-González, C., López-Chaves, C., Gómez-Aracena, J., Galindo, P., Aranda, P., & Llopis, J. (2015). Association of plasma manganese levels with chronic renal failure. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 31*, 78-84. doi: 10.1016/j.jtemb.2015.04.001
- Sandstead, H. H., & Freeland-Graves, J. H. (2014). Dietary phytate, zinc and hidden zinc deficiency. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 28*, 414-417. doi:10.1016/j.jtemb.2014.08.011
- Scherz, H., & Kirchoff, E. (2006). Trace elements in food: Zinc content of raw food - A comparison of data originating from different geographical regions of the world. *Journal of Food Composition and Analysis, 19*, 420-433. doi:10.1016/j.jfca.2005.10.004
- Schumann, K. (2006). Dietary reference intakes for trace elements revisited. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 20*, 59-61. doi:10.1016/j.jtemb.2006.01.007
- Sharma, N., Gupta, P. C., & Rao, Ch. V. (2012). Nutrient content, mineral content and antioxidant activity of *Amaranthus viridis* and *Moringa oleifera* leaves. *Research Journal of Medicinal Plants, 6*, 253-259.
- Solomons, N. W., & Ruz, M. (1997). Zinc and iron interaction: Concepts and perspectives in the developing world. *Nutrition Research, 17*, 177-185.
- Venskutonis, P. R., & Kraujalis, P. (2013). Nutritional components of Amaranth seeds and vegetables: A review on composition, properties, and uses. *Comprehensive Review in Food Science and Food Safety, 12*, 381-412.
- Vormann, J. (2003). Magnesium: nutrition and metabolism. *Molecular Aspects of Medicine, 24*, 27-37.
- Welch, R. M., & Graham, R. D. (2005). Agriculture: the real nexus for enhancing bioavailable micronutrients in food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 18*, 299-307. doi:10.1016/j.jtemb.2005.03.001
- White, P. J., & Broadley, M. R. (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist, 182*, 49-84.
- Wu Leung, W. T., & Flores, M. (1961). *Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina*. Bethesda: National Institutes of Health.
- Yehuda, S., & Mostofsky, D. (2010). *Iron deficiency and overload: From basic biology to clinical medicine*. New York: Humana Press.