

Caracterización mineral de manzana 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' de dos países productores

Mineral characterization of 'Red Delicious' and 'Golden Delicious' apple varieties from two producing countries

MARÍA MAGDALENA MANCERA-LÓPEZ¹, JUAN MANUEL SOTO-PARRA¹, ESTEBAN SÁNCHEZ-CHÁVEZ^{3,*}, ROSA MARÍA YÁÑEZ-MUÑOZ¹, FEDERICO MONTES-DOMÍNGUEZ¹, RENÉ RENATO BALANDRÁN-QUINTANA²

Recibido: Abril 30, 2007

Aceptado: Junio 27, 2007

Resumen

La calidad de la fruta está íntimamente relacionada con la composición mineral de la misma y la relación entre sus nutrientes. Actualmente se han asociado los estándares minerales foliares con la calidad de la fruta, sin embargo, tanto las hojas como los frutos tienen diferente origen y necesidades, por lo que sus niveles minerales son diferentes. En este trabajo se generaron valores de referencia en frutos de manzano en postcosecha para 'Golden Delicious' y 'Red Delicious' de Chihuahua, México y Washington, EUA. Se determinó el contenido mineral de cáscara y pulpa; se hizo un comparativo entre ambas regiones y por medio del Diagnóstico Diferencial Integrado (DDI) se evaluaron desbalances minerales y/o fisiológicos. Fueron detectados gradientes de concentración entre la cáscara y la pulpa, siendo característicos los estándares minerales para las distintas variedades de cada región. Las variedades de Chihuahua presentaron un contenido de Mg menor al 50 % que las de Washington, esto repercutió en las relaciones minerales con Ca y K; su contenido de N y Na en la cáscara también fue notoriamente menor.

Palabras clave: *Malus domestica, calidad, postcosecha, estándares minerales, relaciones minerales.*

Abstract

Fruit quality is closely related to mineral composition and the relationship among nutrients. There has been an effort to link the foliage mineral standards with fruit quality; however, both leaves and fruits have different mineral content and distinct nutrient requirements. Reference values in post harvest apple fruits were developed in the current research for Golden Delicious and Red Delicious grown in Chihuahua, Mexico and Washington, USA. The mineral content of skin and pulp was determined using the Differential Integrated Diagnosis (DID); mineral and physiological imbalances were evaluated where concentration gradients were observed between skin and pulp for both apple varieties and production regions. Chihuahua varieties showed a 50 % lower Mg content than Washington apples, affecting the relationship with other nutrients such as Ca and K. The content of N and Na in the skin was also lower.

Keywords: *Malus domestica, fruit quality, post harvest, mineral standards, mineral relations.*

¹ Profesor de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Ciudad Universitaria s/n. Campus Universitario I. 31310, Chihuahua, Chih. México. Apdo. Postal 24, Tel. y Fax: (614) 439-1844. Ext. 3117.

² Profesor de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Ciudad Universitaria s/n (Campus Universitario I). 31310, Chihuahua, Chih. México.

³ Investigador, Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo, A.C. (CIAD-Delicias).

* Dirección electrónica del autor de correspondencia: esteban@ciad.mx.

Introducción

La manzana del Estado de Chihuahua se ha caracterizado por su calidad, además de su presencia en el mercado por su sabor, consistencia, frescura y forma. Un aspecto limitante lo constituye el hecho de que no se sigue un criterio definido para cosechar y almacenar la manzana, el cual es fuertemente condicionado por la oportunidad de comercialización, lo que ocasiona que puedan existir pérdidas que en promedio pueden ser de 10 a 30 % (Sams, 1994).

Existe el problema de que no existen parámetros minerales en fruto que permitan predecir la calidad y la capacidad de almacenamiento en manzana, esto conlleva la necesidad de realizar estudios que provean datos que permitan implementar medidas tendientes a conservar la calidad de la manzana durante el almacenamiento y que posteriormente tenga una razonable vida de anaquel.

La composición mineral de los frutos es uno de los principales factores relacionados con la ocurrencia de desórdenes durante el almacenamiento. Los análisis minerales en fruto son una herramienta que puede usarse para diagnosticar y predecir la probabilidad de que ocurran problemas durante el almacenamiento. También permite que la fruta de diferentes huertos sea clasificada en términos de almacenabilidad. En Inglaterra se usa comercialmente el análisis mineral total de los elementos del fruto para predecir la calidad de la manzana en postcosecha y vida de anaquel. Programas similares están bajo desarrollo en Washington (Davenport y Peyrea, 1989).

Es mejor comercializar pronto la fruta propensa a desórdenes fisiológicos durante almacenamiento y no almacenarla, salvando así calidad y valor. Un análisis mineral temprano de tejidos y fruto pequeño pueden dar indicadores prematuros de potenciales desbalances minerales en fruto al

momento de la cosecha, permitiendo la toma de decisiones (Anonymous, 2004). Los estándares minerales de hoja, flor y fruto son una herramienta de gran utilidad que permite diagnosticar y corregir de manera temprana e integral los desbalances minerales asociados con acabado final de la fruta ("finish"), calidad y capacidad de conservación de frutos de manzana en postcosecha.

La calidad de un fruto fresco está generalmente relacionada con sus características físicas (color, firmeza, tamaño, etc.); su composición química y bioquímica, la cual determina el gusto y sabor característicos, y también las concentraciones de algunos metabolitos promotores de la salud. Wilson *et al.* (1999) postularon que la máxima calidad del fruto es alcanzada al momento de la cosecha, después de ese momento no es posible incrementar la calidad de parámetros decisivos. Esta suposición es verdadera para aquellos parámetros relacionados a la composición bioquímica, pero algunas características físicas (color, firmeza, etc.) pueden ser modificadas durante postcosecha, especialmente si la cosecha se llevó a cabo antes de un estado de maduración óptima, para prevenir o disminuir los riesgos de daño externo provocados por el manejo, almacenamiento y transporte (Botia *et al.*, 2002).

Por una parte el escaldado y por otra los desórdenes fisiológicos producen pérdidas superiores al 3 % de la cosecha. Diversos factores genéticos y ambientales afectan antes de la cosecha al crecimiento y desarrollo y finalmente la calidad de los vegetales y frutas frescas (Shewfelt, 1990); muchos de estos factores están fuera del control de los productores. La calidad de la fruta al momento de la cosecha y del consumo depende de los efectos combinados de energía, agua y flujo de nutrientes dentro y fuera del fruto.

Considerando todo lo anteriormente expuesto, es necesario caracterizar el estado mineral de frutos de manzana de Chihuahua y Washington con el propósito de tener un referente de comparación y poder implementar medidas de manejo mineral en campo tendientes a mejorar la calidad, capacidad de conservación de la manzana y vida de anaquel razonable, además de jerarquizar los desbalances minerales y/o fisiológicos al comparar contenido mineral de la manzana nacional con aquella de EUA.

Materiales y métodos

El presente trabajo se llevó a cabo en los años 2000 y 2001 con las variedades 'Golden Delicious' y 'Red Delicious', representativas en producción y calidad de los estados de Chihuahua, México, y Washington, Estados Unidos de América.

Se utilizaron tres cajas de manzana de 20 kg cada una por cada variedad, de tamaño 100 para ambos países. Cada caja contenía 100 frutos, en cinco charolas de 20 frutos cada una; se descartó la charola superior y entonces las cuatro charolas restantes se aleatorizaron formando cuatro bloques de 20 frutos cada uno para cua-

tro fechas de muestreo: 1) a las 72 horas después de sacarlas del frigorífico o supermercado (para que se adecuaran a la temperatura ambiente, 20 °C) y posteriormente cada 72 horas a temperatura ambiente.

Se evaluaron parámetros de apariencia, desarrollo y madurez de fruto, así como el contenido mineral en cáscara y pulpa del área ecuatorial (zona intermedia). Cada muestra estuvo conformada por 4 repeticiones de 5 frutos cada una, para determinar calidad, mientras que para contenido mineral se consideraron los 20 frutos correspondientes a una charola para contar con suficiente tamaño de muestra, puesto que se consideraron 2 tipos de tejido (cáscara y pulpa).

Se determinó el peso del fruto empleando una balanza analítica Mettler Toledo AB204. Se midieron el diámetro ecuatorial más grande (DEG) y más pequeño (DEC), diámetro polar más grande (DPG) y más pequeño (DPC), utilizando un vernier modelo Effegi. A partir de esos valores se generaron las relaciones L/D: para los diámetros grandes (G), para los diámetros pequeños (C); se determinó el índice de irregularidad polar ($Irr = DPC/DPG$) y tableado ecuatorial ($Tab = DEC/DEG$) y la relación entre éstos dos últimos ($IT = I/T$), es decir, la preponderancia de una deformación sobre la otra. Para el caso de 'Golden Delicious' se evaluó también el daño por roseteado (desorden que ocurre en la epidermis del fruto, manifestándose en manchas corchosas que se pueden presentar en distintas partes del fruto y en diferentes formas e intensidades) para cada una de las ubicaciones del fruto: pedúnculo, ecuatorial y cáliz; se consideró además el roseteado en términos generales con respecto a todo el fruto (Sánchez *et al.*, 2001).

Se evaluó el grado de desarrollo de los lóbulos del cáliz considerando cuatro categorías: lóbulos nulos, lóbulos incipientes, lóbulos prominentes y lóbulos evidentes; la presencia de cada uno de ellos se reportó como porcentaje del total con respecto a los cinco lóbulos por fruto.

Se contabilizó además el número de semillas totales por fruto, expresando como porcentaje el número de semillas buenas. Se evaluó el porcentaje de color del fruto tomando dos medidas de color por fruto (lados intermedios en cuanto a color) utilizando las escalas desarrolladas para 'Red Delicious' por Soto *et al.* (2001), y para 'Golden Delicious' por Hernández *et al.* (2001), expresándolas como porcentaje. La firmeza del fruto se determinó con un penetrómetro (mod. Effe-Gi 327, 0 - 28 lb / pulg²). Los sólidos solubles totales (SST) se midieron con un refractómetro (Atago 0 - 32 °Brix).

La acidez titulable (porcentaje de ácido málico) se determinó titulando con NaOH 0.1 N.

La concentración de nitrógeno total (Nt) se determinó por el método micro-kjeldhal (Bremner y Mulvaney, 1982). Para la determinación de Ca, K, Mg, Na, Cu, Fe, Mn y Zn, la muestra se sometió a digestión ácida (Cottenie, 1994) y sus concentraciones fueron obtenidas por espectrofotometría de absorción atómica, utilizando un equipo Perkin Elmer (modelo AAnalyst 100). Para la determinación de P y B, las muestras se sometieron a digestión ácida (Cottenie, 1994) y sus concentraciones se obtuvieron en un espectrofotómetro ultravioleta visible en un equipo modelo Spectronic® Genesys 5. Dada la importancia de la relación mineral de cationes sobre la calidad de fruto, se determinaron las siguientes re-

laciones en miliequivalentes: $(Ca+Mg)/K$, $Ca/(K+Mg)$, $Mg/(K+Ca)$, Ca/Mg y K/Mg .

Se obtuvieron por cada nutriente analizado y la relación de cationes nueve niveles, valores o concentraciones minerales: Deficiente (D), Muy Bajo (mB), Bajo (B), Medianamente Bajo (MB), Suficiente (S), Medianamente Alto (MA), Alto (A), Muy Alto (m A) y Exceso (E), sustentados en el Diagnóstico Diferencial Integrado (DDI), definidos como los nueve posibles rangos en los que pueden estar los nutrientes en un tejido, relacionados con el crecimiento relativo, la producción del cultivo o su calidad (Soto *et al.*, 2003).

De esta manera, la media de cada nutriente y relación de cationes se multiplicó por cada uno de los valores críticos, generando el intervalo mineral para cada categoría con el producto del valor crítico antecedente y presente para esa categoría.

Para cada intervalo mineral se obtuvo la media aritmética (promedio del límite inferior y límite superior), siendo la media del rango suficiente de interpretación (RSI) la referencia para todos los nutrientes y relaciones minerales. Es importante mencionar que la media del rango de suficiencia fue casi la misma que la media aritmética de los datos con los que se generaron los estándares minerales.

Se relacionaron las concentraciones de los macronutrientes con respecto al Ca, las relaciones minerales con respecto a $(Ca+Mg)/K$, los micronutrientes, K y Ca con respecto a B. Con estos resultados se determinó la proporción mineral entre las variedades de Chihuahua con respecto a las de Washington, utilizando como herramienta de análisis el DDI al contrastar una situación observada con respecto a una ideal para determinar desbalances de nutrientes

(DN, cociente < 0.71) y/o fisiológicos (DF, cociente > 1.41) (Soto *et al.*, 2003; Figura 1).

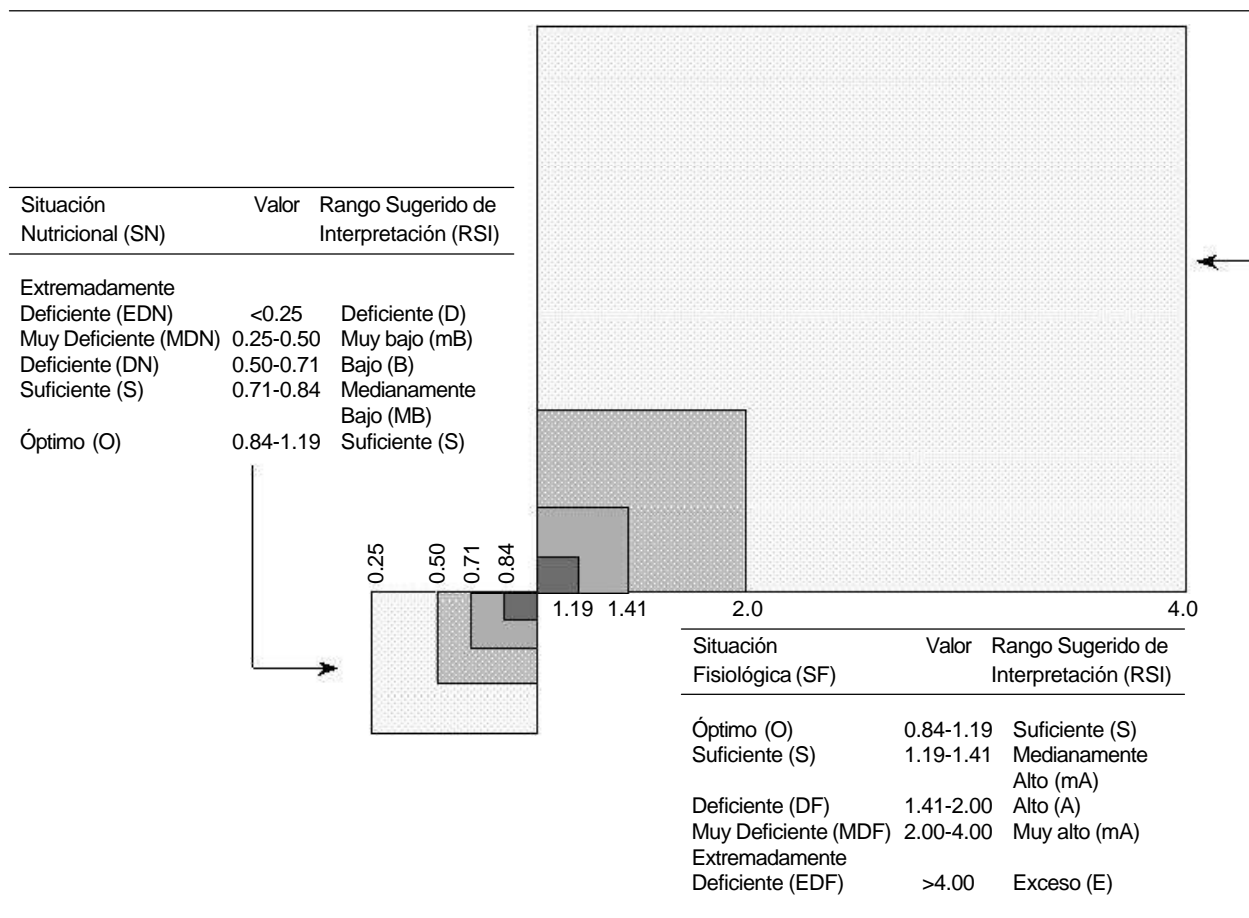
Resultados y discusión

El Cuadro 1 muestra que 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' producidas en Washington tuvieron diámetros polares más grandes, mayor peso y número de semillas; además, en la manzana de Chihuahua se observó menor grado de desarrollo en el caso de 'Red Delicious' y mayor presencia de rosetado en el caso de 'Golden Delicious', sin embargo, ésta última presen-

tó valores más altos en sólidos solubles totales y acidez titulable con respecto a esta misma variedad cultivada en Washington.

El Cuadro 2 muestra los rangos de suficiencia mineral en postcosecha de frutos de manzana 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' para Chihuahua, México y Washington, Estados Unidos de América; los estándares minerales en fruto se generaron en la sección ecuatorial para ambos tejidos y se observó que existen gradientes de concentración entre la cáscara y la pulpa, siendo característicos los estándares minerales para las distintas variedades de

Figura 1. Diagrama para la identificación de desbalances de nutrientes (DN) y/o fisiológicos (DF) y determinación del Rango Sugerido de Interpretación (RSI) entre situaciones observadas y aquellas que se consideran ideales.



Cuadro 1. Calidad en postcosecha de frutos de manzana tamaño 100 *Red Delicious* y *Golden Delicious* de dos países productores.

Parámetros de calidad	Chihuahua		Washington	
	Red Delicious	Golden Delicious	Red Delicious	Golden Delicious
Diámetro polar grande	6.84	6.93	7.96	7.22
Diámetro polar chico	6.10	6.23	7.25	6.70
Diámetro ecuatorial grande	7.88	7.5	7.67	7.40
Diámetro ecuatorial chico	7.24	7.11	7.19	7.09
Irregularidad	0.8936	0.9002	0.9117	0.9279
Tableado	0.9200	0.9478	0.9387	0.9578
Irregularidad/tableado	0.9727	0.9508	0.9730	0.9737
Porcentaje de color	82.72	79.24	81.42	73.44
Firmeza	14.18	12.94	13.74	13.12
Sólidos solubles totales	13.10	14.41	12.97	12.33
Acidez titulable	0.2909	0.4629	0.3000	0.3465
Peso	188.2	171.1	215.8	186.8
Número de semillas	4.10	3.54	5.58	7.90
% de semillas buenas	84.92	96.13	83.99	90.64
% de lóbulos nulos	17.44		0.5	
% de lóbulos incipientes	33.39		6.71	
% de lóbulos evidentes	16.86		63.08	
% de lóbulos prominentes	32.31		29.54	
Roseteado del pedúnculo		22.25		1.53
Roseteado del ecuatorial		1.45		4.37
Roseteado del cáliz		0.85		0.53
Roseteado general		36.67		12.11

cada región. Faust (1989) menciona que las frutas tienen gradientes internos de nutrientes. En general, la piel (cáscara) y el corazón de la manzana son más altos en nutrientes, esto está en contraste con la pulpa, donde son relativamente bajos. Se puede observar que el contenido de Ca, tanto en las variedades de Chihuahua como en las de Washington, está por encima del valor crítico de 0.070 % reportado por Bramlage *et al.* (1974), quienes afirman que la ocurrencia de escaldadura, colapso senescente y decaimiento son más prevalentes cuando el contenido de Ca de la cáscara está por debajo de este valor.

Faust y Shear (1980) reportaron que el rango normal del Ca en la cáscara se encuentra entre 0.070-0.100 %, mientras que en la pulpa oscila

entre 0.025-0.050 %; estos autores reportaron también que el rango normal del B en pulpa fluctúa entre 10-30 ppm, presentándose deficiencias con valores menores a 10; por otro lado, no se han especificado los niveles que causan toxicidad.

Las deficiencias de Ca han sido vinculadas a más desórdenes en postcosecha que ningún otro mineral. El estado mineral del calcio puede involucrar otros elementos, especialmente K, P y B (Faust, 1989).

Como puede observarse en el Cuadro 2, los rangos de suficiencia de B son superiores al límite crítico en una y otra variedad de ambos países. El análisis del fruto ha sido encontrado como la manera más satisfactoria de diagnosticar las deficiencias de Ca y B. Los frutos son los primeros en mostrar los síntomas de deficiencia y de numerosos desórdenes fisiológicos que ocurren en el árbol o durante el almacenamiento, que pueden resultar de bajos niveles de Ca y/o B, aún y cuando los niveles en la hoja son los adecuados para un crecimiento normal. Los análisis minerales de pulpa o cáscara han sido usados para determinar el estado del Ca de la fruta.

Se relacionaron los rangos sugeridos de Interpretación (RSI) de los macronutrientes con respecto al del Ca (Cuadro 3), en virtud de que este elemento es considerado el nutriente más importante en la determinación de la calidad del fruto, especialmente importante en manzanas que son propensas a desórdenes metabólicos. En cantidades adecuadas ayu-

Cuadro 2. Rangos de suficiencia mineral en postcosecha para la sección ecuatorial de frutos de manzana *Red Delicious* y *Golden Delicious* de Chihuahua, México y Washington, EUA.

Nutriente		Golden Delicious		Red Delicious	
		Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara
Chihuahua, Chih.					
N _{total}	%	1.21 - 1.71	0.78 - 1.11	1.75 - 2.48	0.90 - 1.27
NO ₃	ppm	711.6 - 1008	860.0 - 1218	668.5 - 947.0	777.3 - 1101
P	%	0.069 - 0.098	0.079 - 0.112	0.028 - 0.040	0.030 - 0.042
K	%	0.491 - 0.695	0.505 - 0.716	0.444 - 0.629	0.428 - 0.606
Ca	%	0.081 - 0.115	0.087 - 0.124	0.075 - 0.106	0.089 - 0.126
Mg	%	0.036 - 0.051	0.036 - 0.051	0.038 - 0.054	0.049 - 0.069
(Ca+Mg)/K	Meq/g	0.476 - 0.675	0.484 - 0.685	0.507 - 0.718	0.664 - 0.941
Ca/(K+Mg)	Meq/g	0.215 - 0.305	0.234 - 0.331	0.213 - 0.302	0.254 - 0.359
Mg/(K+Ca)	Meq/g	0.147 - 0.208	0.145 - 0.206	0.178 - 0.253	0.224 - 0.318
Ca/Mg	Meq/g	1.085 - 1.537	1.235 - 1.749	0.991 - 1.404	0.943 - 1.336
K/Mg	Meq/g	3.964 - 5.616	3.684 - 5.219	3.125 - 4.427	2.287 - 3.240
Na	ppm	0.016 - 0.022	0.010 - 0.014	0.015 - 0.021	0.009 - 0.012
Fe	ppm	26.91 - 38.13	21.77 - 30.84	16.80 - 23.80	21.87 - 30.99
Mn	ppm	2.17 - 3.07	3.43 - 4.86	1.96 - 2.78	3.01 - 4.26
Zn	ppm	3.64 - 5.15	3.99 - 5.65	3.78 - 5.36	5.60 - 7.93
Cu	ppm	2.59 - 3.67	1.89 - 2.68	2.80 - 3.97	1.92 - 2.73
B	ppm	24.83 - 35.18	31.25 - 44.28	23.96 - 33.94	31.27 - 44.30
Washington, E.U.A.					
N _{total}	%	1.71 - 2.43	1.84 - 2.61	1.71 - 2.43	1.96 - 2.78
NO ₃	ppm	822.4 - 1165	924.8 - 1310	769.9 - 1091	975.4 - 1382
P	%	0.067 - 0.095	0.094 - 0.134	0.024 - 0.034	0.030 - 0.043
K	%	0.504 - 0.714	0.534 - 0.757	0.454 - 0.643	0.406 - 0.575
Ca	%	0.120 - 0.170	0.108 - 0.154	0.091 - 0.129	0.110 - 0.155
Mg	%	0.089 - 0.126	0.125 - 0.177	0.071 - 0.101	0.143 - 0.203
(Ca+Mg)/K	Meq/g	0.865 - 1.226	0.927 - 1.313	0.748 - 1.060	1.390 - 1.969
Ca/(K+Mg)	Meq/g	0.259 - 0.367	0.186 - 0.264	0.216 - 0.306	0.220 - 0.312
Mg/(K+Ca)	Meq/g	0.343 - 0.486	0.423 - 0.599	0.312 - 0.442	0.643 - 0.911
Ca/Mg	Meq/g	0.871 - 1.234	0.581 - 0.823	0.802 - 1.135	0.519 - 0.735
K/Mg	Meq/g	1.764 - 2.499	1.683 - 2.384	2.008 - 2.845	1.044 - 1.479
Na	ppm	0.020 - 0.028	0.022 - 0.031	0.019 - 0.027	0.017 - 0.025
Fe	ppm	19.18 - 27.17	20.86 - 29.55	19.25 - 27.27	19.46 - 27.57
Mn	ppm	1.71 - 2.43	4.20 - 5.95	1.68 - 2.38	4.31 - 6.10
Zn	ppm	3.64 - 5.15	3.57 - 5.06	3.08 - 4.36	3.64 - 5.16
Cu	ppm	2.03 - 2.88	2.97 - 4.21	2.31 - 3.27	2.87 - 4.07
B	ppm	21.13 - 29.93	21.64 - 30.65	24.54 - 34.76	20.53 - 29.08

da a mantener la firmeza y disminuir la incidencia de desórdenes fisiológicos como corazón acuoso, mancha amarga y colapso interno. La descomposición en postcosecha también puede reducirse por el incremento en el contenido de Ca en la fruta

(Conway *et al.*, 2002). En el Cuadro 3 se puede observar que una y otra variedades de ambos países guardan en general un comportamiento constante de las relaciones de los macronutrientes con respecto al Ca; tanto en la pulpa como en la cáscara

Cuadro 3. Proporciones minerales en frutos de dos variedades de manzana en postcosecha.

Nutriente	Chihuahua, México				Washington, E.U.A.			
	Red Delicious		Golden Delicious		Red Delicious		Golden Delicious	
	Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara
Macronutrientes / Ca(%)								
N _{total}	23	10	15	11	25	19	16	18
NO ₃	1	1	1	1	1	1	1	1
P	0.4	0.3	1	1	0.3	0.3	1	1
K	6	5	6	7	7	4	7	5
Mg	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1
Relaciones de Cationes / (Ca / (K+Mg) (meq/g)								
(Ca+Mg)/K	2	3	2	3	6	6	5	5
Mg/(K+Ca)	1	1	1	1	2	3	2	2
Ca/Mg	5	4	5	7	6	2	5	3
K/Mg	15	9	18	20	15	5	10	9
Micronutrientes / B (ppm)								
Na	7	3	6	3	9	9	10	10
Fe	1	1	1	1	1	1	1	1
Mn	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2
Zn	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
Cu	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Macronutrientes / B (ppm)								
Ca	31	28	33	28	37	53	57	50
K	185	137	198	162	185	198	239	247

ra la proporción de N/Ca se encuentra, en todos los casos, dentro de los límites aceptables mencionados por Shear (1975), quien reporta que con una proporción N/Ca de 10 en base a peso seco en la pulpa de la manzana, ésta puede ser almacenada por un largo tiempo en buenas condiciones. En contraste, si N/Ca se incrementa a 30, la fruta ciertamente sufrirá colapso senescente y no puede ser almacenada. Se ha visto que el máximo crecimiento y productividad ocurren solamente cuando coinciden la concentración óptima y el balance entre nutrientes (Faust, 1989). Este concepto ha sido especialmente importante cuando es aplicado a la almacenabilidad de la fruta.

El fruto requiere cantidades considerables de Mg; mientras que en las hojas de

manzano la concentración de Ca en base a peso seco es casi 5 veces la del Mg, en el fruto la concentración de Mg con relación al Ca es de 2 a 1 (Faust, 1989).

En el Cuadro 4 se observa que la manzana de Chihuahua presentó una proporción de Mg con respecto a Ca de un 45 a 64 % menor que la de Washington, presentando deficiencia mineral de este nutriente tanto en la cáscara como en la pulpa, lo que afecta asimismo la concentración de las relaciones minerales con K y Ca. La manzana de Washington se distingue por tener mayor peso y tamaño, lo que puede estar relacionado con un mayor contenido de Mg, ya que se ha reportado que cuando el árbol tiene deficiencia de este nutriente, se producen frutos pequeños, se disminuye la proporción de N proteico, se incre-

Cuadro 4. Contrastación mineral entre los valores de Chihuahua/Washington en frutos de dos variedades de manzana en postcosecha.

Nutriente	Red Delicious		Golden Delicious	
	Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara
Macronutrientes / Ca (%)				
N _{total}	1.01	0.26 ^{MDN}	0.72	0.43 ^{MDN}
NO ₃	1.10	0.85	0.74	0.71
P	1.33	0.85	0.74	0.71
K	0.94	1.06	0.63 ^{DN}	0.99
Ca	1.10	0.85	0.74	0.71
Mg	0.55 ^{DN}	0.43 ^{MDN}	0.37 ^{MDN}	0.36 ^{MDN}
Relaciones de Cationes / (Ca / (K+Mg) (meq/g)				
(Ca+Mg)/K	0.53 ^{DN}	0.43 ^{MDN}	0.60 ^{DN}	0.60 ^{DN}
Ca/(K+Mg)	0.80	1.15	1.23	1.00
Mg/(K+Ca)	0.80	0.38 ^{MDN}	0.62 ^{DN}	0.50 ^{DN}
Ca/Mg	1.33	2.30 ^{MDF}	1.23	2.33 ^{MDF}
K/Mg	1.60 ^{DF}	2.07 ^{MDF}	2.21 ^{MDF}	2.22 ^{MDF}
Micronutrientes / B (ppm)				
Na	0.79	0.53 ^{DN}	0.76	0.42 ^{MDN}
Fe	1.02	1.58 ^{DF}	1.26	1.41
Mn	1.02	0.79	1.26	0.71
Zn	2.04 ^{MDF}	1.58 ^{DF}	0.63 ^{DN}	0.71
Cu	1.02	1.05	1.26	1.41
B	1.02	1.58 ^{DF}	1.26	1.41
Macronutrientes / B (ppm)				
Ca	1.07	0.54 ^{DN}	0.59 ^{DN}	0.50 ^{DN}
K	1.00	0.69 ^{DN}	0.83	0.66 ^{DN}

Desbalance de nutrientes:
^{DN} deficiente (0.50 – 0.71).
^{MDN} muy deficiente (0.25 – 0.50).
^{EDN} extremadamente deficiente (< 0.25).

Desbalance fisiológico:
^{DF} deficiente (1.41 – 2.00).
^{MDF} muy deficiente (2.00 – 4.00).
^{EDF} extremadamente deficiente (> 4.00).

menta el no proteico y ocurre una reducción de la tasa fotosintética (Marschner, 1986). Por otra parte, altas concentraciones de Mg pueden provocar bajas concentraciones de Ca en el fruto (Spiers y Braswell, 1994). La fertilización con Mg produce frutos más firmes y con menos sólidos solubles al momento de cosecha. Después de almacenamiento las frutas también contienen más sólidos solubles y tienen más

acidez titulable.

Son importantes las proporciones apropiadas entre Ca y B, y entre K y B. Una proporción alta consistentemente entre (Ca+Mg)/K resultará en toxicidad por B, pero una proporción alta de (K+Mg)/Ca tiene poco efecto sobre la aparición de toxicidad por B a las mismas concentraciones de B. Se ha visto que altos niveles de B afectan la calidad de fruto de manzana (Anonymous, 1998). La deficiencia de B en diversas especies de plantas es común en el ámbito mundial, y en manzano es de gran preocupación agronómica. Peyrea (1994) reporta que los síntomas de deficiencia de B resultan en frutos pequeños, achatados o frutos deformados, con corcho interno, agrietamiento y roseteado, maduración prematura, incremento de la caída del fruto y baja cantidad de semillas.

En el Cuadro 4 se observa que en ambas variedades de Chihuahua se presenta una deficiencia mineral de N y Na en la cáscara, donde la concentración fue de un 57 % a 74 % menor de la que presenta la manzana de Washington. Es probable que la apariencia más fresca y brillante de esta manzana se relacione con el contenido de N en la cáscara. El nivel de fertilización nitrogenada en manzano afecta la calidad, el color, la firmeza y la vida de almacenamiento (Olsen *et al.*, 1967); asimismo se ha reportado que N, P y B promueven directamente la división y elongación celular, favoreciendo un mayor diámetro del fruto y peso del mismo (Shear y Faust, 1975), aunque también se ha visto que con exceso de N se afecta desfavorablemente el color rojo y disminuye la firmeza durante el almacenamiento (Cooper, 2001).

'Red Delicious' de Chihuahua presentó deficiencia mineral de Zn/B en la pulpa,


y en la cáscara deficiencia fisiológica de Fe/B, Zn/B, y Cu/B. Son bien conocidos los efectos provocados por una deficiencia de B. Existe una larga lista de funciones en las que se ha comprobado la participación de B, tales como transporte de azúcares, síntesis de la pared y membrana celular, lignificación, estructura de la pared celular, metabolismo de carbohidratos, metabolismo del ácido ribonucleico, respiración, metabolismo del ácido indolacético y metabolismo de los fenoles, entre otras funciones (Sosa, 2000).

En ambas variedades de Chihuahua se encontró que las relaciones K/B y Ca/B presentaron deficiencia mineral en la cáscara, así como la relación Ca/B en pulpa de 'Golden Delicious' Chihuahua. Diversos trabajos han considerado relaciones antagónicas entre Ca, Mg y K en relación a la severidad de la mancha amarga (Brauer, 1994). Scott *et al.* (1986) señalan la naturaleza fisiológica de la mancha amarga asociada con bajos niveles de calcio en combinación con altos niveles de K o Mg. Por otro lado, Kupferman y Waeltly (1991) resaltan por su parte el desbalance mineral dentro del fruto asociado con este desorden, indicando que las variedades más susceptibles son 'Granny Smith', 'Jonagold' y 'Golden Delicious', más que 'Red Delicious'. Se considera que altos niveles de N ó K en el árbol predisponen a los frutos a este desorden, pero P y S aparentemente contrarrestan los efectos de estos nutrientes (Ogawa e English, 1991).

Conclusiones

Se generaron los estándares minerales de fruto en cáscara y pulpa en postcosecha para cada variedad, tanto de las producidas en Chihuahua, México, como de las de

Washington, E.U.A. En cada caso se observó que existen gradientes de concentración mineral entre la cáscara y la pulpa.

Las variedades de Chihuahua presentaron consistentemente un contenido de Mg menor al 50 % que las de Washington, lo cual repercutió en las relaciones minerales con Ca y K, esto podría contribuir a explicar el hecho de que éstas últimas posean un tamaño mayor. También se encontró un contenido de N y Na en la cáscara de 60 % a 74 % menor. Es probable que la apariencia más fresca y brillante de esta manzana se relacione con el contenido de N en la cáscara. Las relaciones K/B y Ca/B también fueron significativamente menores en la cáscara. En la manzana de Washington se observó un efecto positivo entre los parámetros minerales y la calidad del fruto, lo que en conjunto explica su mejor apariencia. 

Literatura citada

- ANONYMOUS. 1998. The benefits of boron. *Western Fruit Grower* 118(6): 36-37.
- ANONYMOUS. 2004. Testing for Quality. *Western Fruit Grower* 124 (1): 18-19.
- BOTIA, M., C. Alcaraz-López, C.F. Alcaraz, and F. Riquelme. 2002. Effect of the foliar application of sprays containing calcium, amino acid and titanium on capsicum (*Capsicum annum L.*, CV Olmo) Fruit quality. *Memorias del IX simposio Ibérico sobre nutrición mineral de las plantas*. pp: 203-205.
- BRAMLAGE, W.J., M. Drake and J.H. Baker. 1974. Relationship of calcium content to respiration and postharvest condition of apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99 (4): 376-378.
- BRAUER, D. 1994. Potassium inhibition of calcium and magnesium accumulation in roots of intact maize seedlings. *J. Plant Nutrition* 17 (5): 709-716.
- BREMNER, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. In: *Methods of Soil Analysis*. Page, A. L., R.H. Miller, D.R. Keeney (eds.). Agronomy No. 9, part 2, 2nd edition. *ASA Soil Science Society or American Books*. Madison, WI., USA. pp: 495-624.
- CONWAY, W.S., C.E. Sams and K.D. Hickey. 2002. Pre- and post harvest calcium treatment of apple fruit and its effect on quality. *Acta Hort.* (ISHS) 594: 413-419.
- COOPER, T. 2001. Nitrógeno y calidad en manzanas 'Delicious'. *Revista UNIFRUT* 6(1): 10-11.
- COTTENIE, A. 1994. Workshop on Standardization of Analytical Methods for Manure, Soil Plant and Water. Commission European Communities. *FAO Soils Bulletin* 38/2. pp: 28-33.

- DAVENPORT, J.R. and F.J. Peyrea. 1989. Whole fruit mineral element content and respiration rates of harvested 'Delicious' apples. *J. Plant Nutrition* 12(6): 701-713.
- FAUST, M. 1989. Physiology of Temperate Zone *Fruit Trees*. Wiley Editor. New York, U. S. A. pp: 67-122.
- FAUST, M. and C.B. Shear. 1980. Nutritional ranges in deciduous fruit tree and nuts. *Horticultural Review* 3(2):142-163.
- HERNÁNDEZ, A., J.M. Soto, J.X. Uvalle, E. Sánchez, R.M. Yáñez y L. Romero. 2001. Contenido nutricional foliar y calidad de frutos en manzano 'Golden Delicious' como resultado de las aplicaciones de calcio durante el desarrollo del fruto. Ed. Luis Romero. Granada, España. pp: 38-88.
- MARSCHNER, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Inc. (London) LTD. p. 674.
- KUPFERMAN, E., and H. Waelti. 1991. Postharvest diseases and disorders of apples and pears. *Tree Fruit Postharvest Journal Management of Postharvest Diseases and Disorders*. Washington State University 2:5-8.
- OGAWA, M., and J. English. 1991. Apple quality as related to nitrogen and phosphorus nutrition. *J. Plant Nutrition* 17 (6): 1005-1015.
- OLSEN, L.K., A.H. Scomer and D.R. Bartram. 1967. Segregation of 'Golden Delicious' apples for quality by light transmission. *American Society for Horticultural Science* 91:821-828.
- PEYREA, F.J. 1994. Boron nutrition in deciduous tree fruit. *Tree fruit nutrition*. Edited by A. Brooke Peterson, Robert G. Stevens. Published by Good fruit grower, Yakima, Washington. pp: 95-107.
- SAMS, C.E. 1994. Management of postharvest disease resistance in horticultural crops. *Hort Science* 29 (7):746-749.
- SÁNCHEZ, E., J.M. Soto, J.X. Uvalle, A.P. Hernández, J.M. Ruiz, and Romero. 2001. Chemical treatments in 'Golden Delicious Spur' fruits in relation to russetting and nutritional status. *Journal of Plant Nutrition* 24(1):191-202.
- SCOTT, K.L., R.B.H. Wills and C.M.C. Yuen. 1986. Reduction of bitter pit of apples with phorone. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 21(2):268-270.
- SHEAR, C.B. 1975. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. *HortScience* 10(4):361-365.
- SHEAR, C.B. and M. Faust. 1975. Preharvest nutrition and postharvest physiology of apple, *In: Postharvest Biology and Handling of Fruits and Vegetables*. N. F. Haard and D. B. Salunkhel (eds). Avi, Westport, Conn. The Avi Publishing Company, Inc. pp: 35-42.
- SHEWELT, R.L. 1990. Sources of variation in the nutrient content of agricultural commodities from the farm to the consumer. *J. Food Qual.* 13:37-54.
- SOSA, D.H. 2000. El boro en los frutales del género Prunus, Pyrus y Malus. Directorio BuscAgro [http:// www.buscagro.com](http://www.buscagro.com). Recuperado 15/03/05.
- SPIERS, J.M. and J.H. Braswell. 1994. Response of 'Sterling' muscadine grape to calcium, magnesium and nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition*. 17 (10):1739-1750.
- SOTO, J.M., A.P. Hernández, E. Sánchez, R.M. Yáñez, F. Montes, y L. Romero. 2001. Abastecimiento convencional e integral de calcio en manzano (*Malus domestica* Borkh.) 'Red Delicious'. Ed. Luis Romero. Granada España. p. 72.
- SOTO, J.M., J.X. Uvalle, E. Sánchez, R.M. Yáñez y F. Montes. 2003. Diagnóstico Diferencial Integrado: una herramienta para el uso racional de fertilizantes. *Fruticultura profesional* 139(2):152-156.
- WILSON, L.G., M.D. Boyette, y E.A. Estes. 1999. Postharvest handling and cooling of fresh fruits, vegetables and flowers for a small farms. *Hort. Info. Leaf*. No.800-3. Postharvest Handling of Horticultural Crops. North Carolina Cooperative Extension Service. pp: 55-86.

Este artículo es citado así:

- MANCERA-LÓPEZ, M. M., J. M. Soto Parra, E. Sánchez Chávez, R. M. Yáñez Muñoz, F. Montes Domínguez Quintana y R. R. Balandrán. 2007. Caracterización mineral de manzana *Red Delicious* y *Golden Delicious* de dos países productores. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 1(2): 6-17.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

MARÍA MAGDALENA MANCERA LÓPEZ. Durante el periodo 1971-1976 cursó la carrera de Ingeniero Químico Bromatólogo en la Escuela de Química, hoy Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). En el año 2005 recibió el grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Ciencia y Tecnología de Alimentos, por la Facultad de Ciencias Químicas (UACH). Fue profesora de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas (UACH) durante los años 1976 a 2004 y actualmente se desempeña como académica en el Instituto Tecnológico de Chihuahua I.

JUAN MANUEL SOTO PARRA. En el periodo 1977-1981 cursó la licenciatura en la Escuela Superior de Fruticultura de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), hoy Facultad de Ciencias Agrotecnológicas (FACIATEC), institución que le otorgó el título de Ingeniero Fruticultor. En el año de 1992 terminó su programa de maestría en la misma institución (FACIATEC), recibiendo el grado de Maestro en Ciencias en Productividad Frutícola. Durante los años 2000 a 2004 ocupó el cargo de Director de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas (UACH), institución donde realiza sus labores docentes y de investigación; sus áreas de especialización son la Fisiología y Nutrición Vegetal, con énfasis en la Fisiología de la Producción en los cultivos de manzano y nogal pecanero. Actualmente se encuentra realizando sus estudios de doctorado en el área de Recursos Naturales de la Facultad de Zootecnia (UACH).

ESTEBAN SÁNCHEZ CHÁVEZ. Realizó sus estudios de licenciatura en la Universidad Autónoma Chapingo (Chapingo), obteniendo en 1992 el título de Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia. Terminó su programa de maestría en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), otorgándosele en 1996 el grado de Maestro en Ciencias, con especialidad en Productividad Frutícola. Recibió el grado de Doctor en Ciencias especialidad Fisiología Vegetal por la Universidad de Granada (España). Actualmente es miembro de comités editoriales de varias revistas y ha sido distinguido por el Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT (S.N.I.) como Investigador Nacional Nivel 2; su productividad científica ha sido muy prolífica, ya que incluye la publicación de artículos científicos, capítulos de libros, participación como ponente en congresos científicos nacionales e internacionales y otras. Las principales áreas de su investigación son: fisiología del estrés en plantas, nutrición vegetal y fisiología postcosecha.

ROSA MARÍA YÁÑEZ MUÑOZ. De 1985 a 1989 cursó la licenciatura de Ingeniero Fruticultor en la Escuela Superior de Fruticultura, hoy Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó estudios de maestría en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas (UACH) en el periodo 1991-1993, recibiendo el grado de Maestro en Ciencias, especialidad en Ciencias de la Productividad Frutícola. Actualmente se encuentra desarrollando proyectos de investigación en los campos de la Fisiología y Nutrición Vegetal, centrándose específicamente en la Fisiología de la Producción, en los cultivos de manzano y nogal pecanero. Además de desempeñar sus labores docentes y de investigación, la M. C. Yáñez es la responsable del Laboratorio de Análisis de Suelo, Planta y Agua de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas.

FEDERICO MONTES DOMÍNGUEZ. Durante el periodo 1976-1989 cursó la carrera de Ingeniero Fruticultor en la Escuela Superior de Fruticultura de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), hoy Facultad de Ciencias Agrotecnológicas (FACIATEC). Realizó estudios de posgrado en la FACIATEC, institución que le otorgó en 1998 el grado de Maestro en Ciencias de la Productividad Frutícola. Actualmente labora como académico de la Universidad Autónoma de Chihuahua y está adscrito a la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, realizando investigación en las áreas de Fisiología y Nutrición Vegetal con énfasis en la Fisiología de la Producción en los cultivos de manzano y nogal pecanero. Desde el año 2004 ocupa el cargo de Responsable Técnico de la Unidad Experimental "La Semilla" de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

RENÉ RENATO BALADRÁN QUINTANA. Egresó en 1989 de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), otorgándosele el título de Ingeniero Químico Bromatólogo. En 1994 obtuvo el grado de Maestro en Ciencias, con especialidad en Ciencia y Tecnología de Alimentos por la misma Facultad de Ciencias Químicas (UACH). Realizó estudios de doctorado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD), con sede en la ciudad de Hermosillo, Sonora, institución que le otorgó en el año 2002 el grado de Doctor en Ciencias con especialidad en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Sus intereses en investigación se centran en la fisiología postcosecha de frutas y hortalizas y en la nanotecnología aplicada al procesamiento de alimentos.