

Efecto del subproducto industrial CaCO_3 en los atributos de calidad, contenido fenólico y capacidad antioxidante de manzana cvs Golden Delicious y Top Red

Effect of CaCO_3 industrial byproduct on quality attributes, phenolic content and antioxidant capacity of apple cvs Golden Delicious and Top Red

María Antonia Flores Córdova¹, Juan Manuel Soto Parra¹, Nora Aidee Salas Salazar¹, Esteban Sánchez Chávez² y Francisco Javier Piña Ramírez¹

Palabras clave: firmeza; nutrición; prácticas agronómicas; capacidad antioxidante

Keywords: firmness; nutrition; agronomic practices; capacity antioxidant

Recepción: 04-10-2017 / Aceptación: 18-12-2017

Resumen

Introducción: El calcio, es un nutriente importante para aumentar la calidad y rendimiento en los cultivos hortofrutícolas, ya que es considerado como el mineral más importante para la calidad de las manzanas, algunas investigaciones han demostrado su incidencia en la reducción de ciertas alteraciones fisiológicas (bitter pit, corazón acuoso y la descomposición interna), conservación de la firmeza de la pulpa y prevenir la incidencia de podredumbres fúngicas. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del subproducto industrial carbonato de calcio (CaCO_3) en los atributos de calidad, contenido fenólico y capacidad antioxidante de manzanas cvs Golden Delicious y Top Red.

Método: Se utilizaron árboles de 21 años de edad cultivados en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua, México. Los tratamientos fueron Kg ha^{-1} de CaCO_3 (y su equivalente en Ca por ha): Testigo sin aplicación T1, 282.70 (100) T2; 565.30 (200) T3; 847.90 (300) T4; 1130.60 (400) T5; 1413.20 (500) T6; 1695.90 (600) T7; 1978.50 (700) T8; 2261.20 (800) T9; 2543.80 (900) T10; 2826.50 (1000) T11; 3957.00 (1400) T12 respectivamente. Las variables evaluadas fueron: contenido de Ca, rendimiento, diámetro, peso, color, firmeza, sólidos solubles, acidez titulable, relación SST/acidez titulable, fenoles totales y capacidad antioxidante por el método de DPPH.

Resultados: Los resultados mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre cultivares, los tratamientos incrementaron el contenido de Ca, la firmeza fue significativamente más alta, el cultivar Top Red presentó los valores más altos de compuestos fenólicos con 3.587 mg g^{-1} de ácido gálico, mientras que el cultivar Golden Delicious presentó la mayor capacidad antioxidante con 2.27 mg g^{-1} de Trolox.

¹Departamento de Nutrición Vegetal, Universidad Autónoma de Chihuahua. E-mail: mariflor_556@hotmail.com

²Tecnología de Alimentos y Productos Lácteos, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Delicias

Discusión o Conclusión: Se concluye que la aplicación de CaCO_3 influyó en los parámetros de calidad, contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en las cultivares Top Red y Golden Delicious.

Abstract

Introduction: Calcium is an important nutrient to increase quality and yield in horticultural crops, is considered the most important mineral for the quality of apples, some research has shown its incidence in the reduction of certain physiological alterations (such as bitter pit, watery heart and internal decomposition), in maintaining the firmness of the pulp and preventing the incidence of fungal rotting. The objective of the present study was to evaluate the effect of the industrial calcium carbonate by-product (CaCO_3) on the quality attributes, phenolic content and antioxidant capacity of apples cvs Golden Delicious and Top Red.

Method: Trees of 21 years of age cultivated in the region of Cuauhtémoc, Chihuahua were used. Mexico, the treatments were Kg ha^{-1} of CaCO_3 (and its equivalent in Ca per ha): Control without application T1, 282.70 (100) T2; 565.30 (200) T3; 847.90 (300) T4; 1130.60 (400) T5; 1413.20 (500) T6; 1695.90 (600) T7; 1978.50 (700) T8; 2261.20 (800) T9; 2543.80 (900) T10; 2826.50 (1000) T11; 3957.00 (1400) T12, respectively. The variables evaluated were: Ca (%) content, yield, diameter, weight, color, firmness, soluble solids, titratable acidity, soluble solids/acidity relation), total phenols and antioxidant capacity.

Results: Results showed statistical differences ($p \leq 0.05$) between cultivars, treatments increased Ca content, firmness was significantly higher, the Top Red variety presented the highest values of phenolic compounds with 3.587 mg g^{-1} of gallic acid, while the Golden Delicious variety had the highest antioxidant capacity with 2.27 mg g^{-1} of Trolox.

Discussion or Conclusion: It is concluded that the application of CaCO_3 influenced the parameters of quality, content of phenolic compounds and antioxidant capacity in Top Red and Golden Delicious.

Introducción

El CaCO_3 es el subproducto, desecho o residuo de la industria cementera más importante de la ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México, generando un total de 5 mil toneladas de cemento

mensuales por planta (dos plantas en el estado de Chihuahua y tres fuera del país). En dicho proceso de producción, se extrae y tritura un subproducto (polvillo) carbonato de calcio con una pureza y una finura promedio del 90 % el cual entorpece y complica su reutilización en el proceso de fabricación del cemento, mismo que se recolecta como parte de la filosofía de cero contaminantes y se deja como subproducto sin valor comercial, lo que provoca una alta cantidad de residuo sin ninguna utilidad, por lo que su utilización reduciría el volumen de residuo almacenado e impulsaría la creación de nuevas prácticas agronómicas ya que dicho residuo contiene un 35 % de calcio.

El manzano (*Malus domestica*) es un árbol frutal pomáceo, que se cultiva ampliamente en México y en el Mundo, el cual es muy demandado por los consumidores por sus aspectos nutricionales, contenido de compuestos fenólicos y antioxidantes (Scalzo *et al.*, 2005). Por lo que es muy importante una adecuada nutrición de la planta para su vigor, productividad y calidad del fruto (Bouzo & Cortéz, 2012). Entre muchos de los nutrientes minerales se encuentra el calcio, el cual tiene un sin número de funciones metabólicas, tanto en planta como en poscosecha, en donde un aporte equilibrado y oportuno de las fuentes de calcio durante el crecimiento y en etapa de poscosecha, podrían mejorar la vida útil y calidad nutricional del fruto (Ahgdam *et al.*, 2012). Sin embargo, la deficiencia de calcio en los frutos es un problema que se asocia más a una deficiente translocación de este elemento por los vasos conductores floemáticos de la planta, que a la cantidad total de calcio presente en el suelo (Lobos *et al.*, 2011), generando desórdenes fisiológicos e incidencia a enfermedades por patógenos (Angeletti *et al.*, 2010). Así mismo, el calcio es de suma importancia para la calidad del fruto ya que juega un papel en la estabilización de la membrana celular manteniendo la permeabilidad selectiva y la integridad. Además, cumple la función de agente reafirmante, debido a que los iones de calcio actúan sobre las cadenas de pectina para formar puentes entre éstas, aumentando la cohesión de la pared celular y retardando el catabolismo de lípidos de membrana extendiendo la vida útil del producto (Contreras-Angulo *et al.*, 2011). Hoy en día, los consumidores demandan fruta de mayor calidad y más saludables, por lo que preservar la calidad de los productos frescos es relevante (Rincón y Martínez, 2015), ya que actualmente se han presentado cambios en el comportamiento del consumidor que ha comenzado a ver los alimentos como fuente de energía, nutrientes y contenido de ciertos compuestos que poseen acciones benéficas demostradas en el organismo, los cuales inciden en la prevención de algunas afecciones y enfermedades (Silveira *et al.*, 2007), existiendo información que muestra los efectos beneficiosos de los antioxidantes naturales, incluyendo los polifenoles que funcionan como

interceptores de radicales libres (Martínez-Valverde *et al.*, 2002). Estudios recientes han demostrado la asociación entre el contenido fenólico y capacidad antioxidante, los cuales desempeñan un papel importante contra el daño oxidativo causado por las especies reactivas de oxígeno, asociados a la patogénesis de diversas enfermedades (Scalbert *et al.*, 2005). Además, de que ofrecen muchos beneficios para la salud, parecen adquirir mayor importancia puesto que nos encontramos inmersos en un cambio de concepto de alimentación saludable, ya que de las propiedades nutritivas y funcionales de estos compuestos, existe una relación con la reducción de riesgo de algunas enfermedades coronarias y tipos de cáncer, lo cual se atribuye a que las manzanas proporcionan una mezcla óptima de antioxidantes naturales, necesarios en nuestra dieta (Henríquez *et al.*, 2010). Por lo que es importante conocer el contenido de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y calidad en manzanas Golden Delicious y Top Red Delicious (Drogoudi *et al.*, 2008). Por lo tanto, tomando en cuenta la importancia de los frutos como alimentos funcionales a través de su riqueza en antioxidantes, es relevante establecer si la aplicación del subproducto CaCO₃ pre cosecha puede contribuir positivamente en mejorar la calidad del fruto. Por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de CaCO₃ sobre los atributos de calidad, capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos, de las cultivares de manzana cvs Golden Delicious y Top Red.

Método

El trabajo se realizó durante el ciclo vegetativo 2016 en Cuauhtémoc, Chihuahua. México, en la huerta denominada Campo 22, cuyas coordenadas son 28°27'16.85" N, 106°53'46.68" W y a una altitud de 2,008 m.s.n.m. La clasificación del clima de la región de acuerdo a Thornthwaite es de C₁dB'2a' que corresponde a un clima semiseco con poca agua, templado frío, concentración térmica en verano menor de 48%. Las características físico químicas se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Propiedades del suelo en el sitio experimental bajo estudio.

Propiedades	Suelo
Arcilla%	30.93
pH	6.58
M.O. %	1.03
CaCO ₃ %	1.10
C.H. cm h ⁻¹	28.54
Saturación %	31.6
C.E. mmhos cm ⁻¹	0.15

Na NO ₃ ppm	1425.
P ppm	26.6
K ppm	87.5
Ca ppm	49.2
Mg ppm	437.50
Na ppm	3.78
Cu ppm	2.42
Fe ppm	3.96
Mn ppm	3.12
Zn ppm	5.32
Potasio	7.08
Calcio	69.71
Magnesio	39.88
Sodio	3.78
PSCB cmol _c kg	31.6

Se utilizaron árboles de las cultivares ‘Top Red’/MM111 (625 árboles por hectárea) y ‘Golden Delicious’/MM 111 (625 árboles por hectárea), los primeros fueron plantados en 1992 y los segundos en 2004. La cosecha se realizó el 30 de agosto 2016 para ‘Top Red’ 151 días después de completa floración, (DDCF) y ‘Golden Delicious’ 145 (DDCF).

En ambos cultivares se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 12 tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento (Cuadro 1) con base en Carbonato de Calcio (CaCO₃) t/ha. El producto se distribuyó uniformemente bajo la copa del árbol a lo largo del bordo de la plantación dentro de la hilera sin traslape entre un árbol y otro.

Cuadro 1. Concentración de aplicación de Carbonato anhidro y su equivalente Calcio.

Tratamientos	Kg ha ⁻¹ Ca	Equivalente de Ca CO ₃ por ha ⁻¹
Testigo T1	0	0
T2	100	282.70
T3	200	565.30
T4	300	847.90
T5	400	1130.60
T6	500	1413.20
T7	600	1695.90
T8	700	1978.50
T9	800	2261.20
T10	900	2543.80
T11	1000	2826.50
T12	1400	3957.00

Los frutos se recolectaron en cosecha y se tomaron de manera aleatoria alrededor del árbol y se colocaron en bolsas de plástico perforadas para trasladarse al Laboratorio de Nutrición Vegetal y Poscosecha del Departamento de Frutales de la Universidad Autónoma Chihuahua, se evaluó cada repetición por tratamiento que consistió en 9 frutos por árbol (repetición) siendo estas consideradas como la unidad experimental. Los frutos fueron lavados en agua de uso común y refrigerados a 4 °C por siete días para su análisis posterior de calidad, contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante.

Determinación de parámetros de calidad

Contenido de Calcio

El análisis del contenido de Ca, se determinó a partir del extracto proveniente de la digestión de la muestra, usando un sistema de digestión con un microondas (Milestone Sk-10, modelo START, 2011, Italia). El elemento fue detectado por espectrofotometría de absorción atómica (Falcon Thermo Scientific, año 2009, ICE-300 AA, China).

Rendimiento

Cada unidad experimental se cosechó de cada árbol, una vez obtenido la totalidad de los frutos se pesaron, y el peso obtenido en kilogramos se extrapoló a su equivalente en t/ha.

Peso

Se consideró el peso del fruto (g) utilizándose una balanza digital (Ohaus modelo Scout pro, SP602. USA).

Diámetro del fruto

Para esta determinación se utilizaron 9 frutos por repetición, usando un calibrador vernier para su lectura en milímetros.

Color

Se evaluó el porcentaje de color del fruto tomando dos medidas de color por fruto (lados intermedios en cuanto a color) para lo cual utilizaron las escalas desarrolladas para ‘Red Delicious’ y para ‘Golden Delicious’ por Soto *et al.* (2001). Se consideran seis categorías, para ‘Red

Delicious': 1) verde; 2) inicio de formación de estrías color rojo; 3) estrías uniformes de color rojo opaco; 4) estrías de color rojo oscuro evidente; 5) estrías menos uniformes, inicio de color rojo oscuro; y 6) rojo oscuro completo; y seis categorías para 'Golden Delicious': 1) verde; 2) verde rugoso lenticelas ásperas; 3) verde ceroso; 4) transición hacia el color amarillo; 5) amarillo blanquesino (amarfilado); y 6) amarillo fuertemente con tendencia hacia el anaranjado; para hacer la escala más objetiva el color se expresó como porcentaje.

Firmeza

La firmeza del fruto se determinó con un penetrómetro (modelo Effe-Gi 327. 0-28 lb in² y diámetro de punzón de 11.3 mm, los valores se transformaron a Newtons al multiplicar por el factor 4.448) se tomaron dos lecturas en los lados en los que se midió el color, y se retiró la cáscara para efectuar la medición.

Sólidos solubles totales (SST)

Se obtuvo el extracto de dos gajos de cada fruto (aquellos en donde se introdujo el penetrómetro), se usó un refractómetro (Atago 0-32 °Brix) previamente calibrado con agua destilada.

Acidez titulable

Se obtuvieron 10 mL de jugo de la pulpa utilizando un extractor de jugos (Turmix TUO5, USA), se adicionaron 3 gotas de fenolftaleína al 1 %, y se hizo una titulación con hidróxido de sodio 0.1 N. Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido málico.

La relación SST/acidez titulable. Se obtuvo con base en los valores de SS y ácido málico.

Determinación de compuestos bioactivos

Fenoles totales

Se determinaron de acuerdo a la técnica de Singleton & Rossi (1965), con ligeras modificaciones. 5 g de pulpa de manzana fueron molidos y extraídos con 50 mL de metanol: agua (80:20) durante 15 min con ultrasonido posteriormente se filtraron. Se colocó en un tubo de ensayo 1 mL de extracto de la pulpa, 0.5 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu, 1 mL de solución de carbonato de sodio al 2 %, y se completó a 10 mL con agua destilada. Se agitó con vórtex y se dejó reaccionar

30 min en oscuridad. Se midió la absorbancia a 760 nm. Los resultados se expresaron en equivalentes de ácido gálico mg AGE/100g de peso fresco.

Capacidad antioxidante

El análisis fue realizado según la metodología de Meir *et al.* (1995). El extracto se obtuvo macerando 5 g de fruta en 5 mL de metanol al 80 %, posteriormente se centrifugó a 3,219.84 g durante 10 min. Del sobrenadante resultante se tomó 0.5 mL del extracto y se mezcló con 2.5 mL de una solución 0.1 mM de 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) recién preparada, y la mezcla se incubó durante 60 minutos en oscuridad. La absorbancia fue medida por espectrofotometría a A_{517} . Para la muestra blanco se reemplazó el extracto por 0.5 mL de metanol. Los resultados se expresaron como mg de TEAC g^{-1} (Trolox actividad antioxidante equivalente) de peso fresco. Basado en una curva de calibración de Trolox.

Poder reductor

La evaluación del poder reductor del ion férrico (Fe, III) se realizó de acuerdo a la metodología de Oyaizu (1986). 1 mL del extracto, se mezcló con 2.5 mL buffer de fosfato (5 mL, 0.2 M, pH 6.6) y 5 mL 1% de ferricianuro de potasio $K_3Fe(CN)_6$. Después de un período de incubación de 20 min (50°C), a la mezcla reaccionante se le adicionaron 5 mL de ácido tricloroacético al 10% y se centrifugó a 4500 rpm por 15 min. El sobrenadante de la solución (5 mL) se mezcló con agua destilada (5 mL) y cloruro férrico (1 mL al 1 %). La absorbancia se midió a 700 nm. Los resultados se expresan en unidades de absorbancia. Los valores de absorbancia más altos indican un mayor poder reductor.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza para el diseño experimental propuesto y separación de medias de tratamientos, a través de la diferencia mínima significativa, prueba de t ($p \leq 0,05$) mediante el programa SAS 9,0 (SAS, 1989).

Resultados y Discusión

Contenido de Calcio

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cultivar Top Red, se observó un incremento del contenido de Ca, en los diferentes tratamientos, el mayor contenido de Ca se obtuvo en el T3 y T8 con un incremento del 32 % (Figura 1), aumentando de un 6 a un 32 % con relación al testigo. Sin embargo, el T7 y T9 presentaron los porcentajes más bajos. En el cultivar Golden Delicious, todos los tratamientos incrementaron de un 8 a un 85 % el contenido de calcio y el mayor contenido de Ca lo presentó el T3 con un 85 %, en relación al testigo. Además, se observa que en ambos cultivares el T3 presentó el mayor incremento de Ca con la concentración de 847.90 t/ha de CaCO_3 . Roman (2014) en investigaciones realizadas en manzanas, mencionan que una alta acidez del suelo inhibe la absorción del Ca, fomentando desordenes fisiológicos, también considera la solubilidad y cantidad del calcio, la cual puede aumentar la producción cosechable. En este estudio el calcio que se aplicó fue muy soluble. Piedrahita (2011) mostró que la mejor cantidad de calcio para aplicar es de 0.25 a 0.5 Kg de Calcio soluble por 1 Kg de urea, aumentando los rendimientos del 14 al 50 %. Xucla (2013) en un estudio en manzanas Golden, señala que los árboles y frutos no reaccionan rápidamente a la aplicación de dosis de calcio, la estrategia se consigue aumentando 6 aplicaciones de calcio, debido a la acumulación de reservas y por tanto, necesitan de un periodo de redistribución y de respuesta para que se expresen sus efectos. Ferguson (2001) menciona que las concentraciones de calcio en fruta difieren de la posición en el árbol, en posiciones terminales mayor contenido de calcio, por lo que se puede utilizar el manejo y poda para maximizar el contenido alto en calcio en la fruta. Todas estas investigaciones han demostrado la traslocación del Ca hacia el aumento de la producción, como se observa en este trabajo.

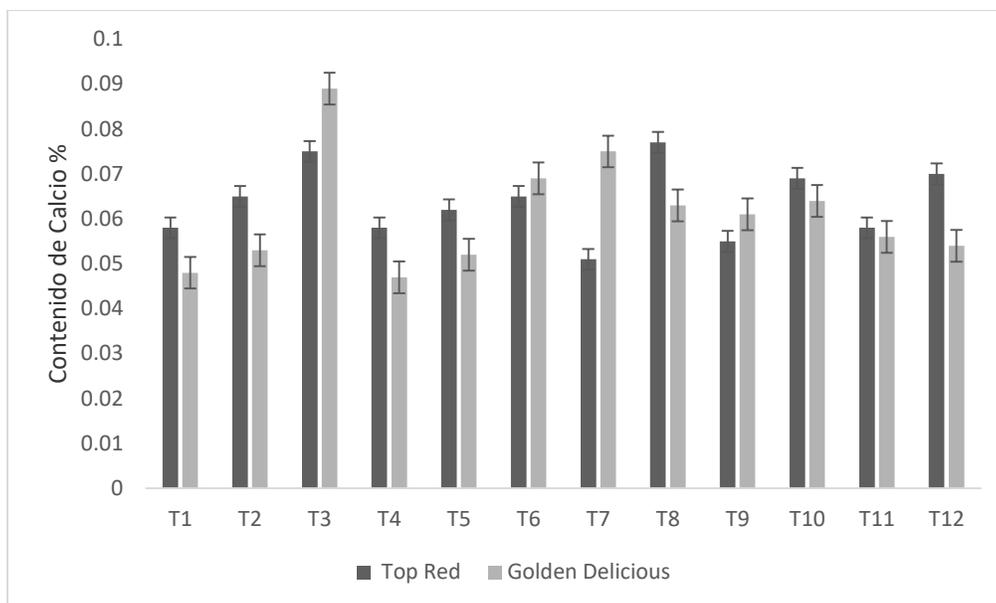


Figura 1. Contenido de calcio en manzanas “Top Red” y “Golden Delicious” cosechadas de árboles tratados con diferentes dosis de (CaCO_3) . Cada valor representan la media \pm desviación estándar para $n = 3$.

Rendimiento y calidad en Top Red

La calidad organoléptica y nutritiva son reflejo de la composición química del fruto, ya que determinan la aceptación del consumidor (Barrett *et al.*, 2010). En el análisis de rendimiento y calidad del cultivar Top red, se presentaron diferencias significativas para cada uno de los tratamientos evaluados (Cuadro 1). En rendimiento el T7 presentó el mayor incremento a diferencia del T5 que fue más bajo que el testigo, esta diferencia parece señalar efectos positivos con un 26 % más de rendimiento a diferencia del testigo, el tamaño del fruto así como su peso incrementaron un 6.7 y 12 % respectivamente en relación al testigo, un incremento en la firmeza del 23 %, con 73.84 N, presentándose como una manzana de buena calidad de acuerdo a Péneau *et al.* (2007), lo que indica también que el calcio puede mantener la calidad de la manzana al reducir el ablandamiento, debido a diversas funciones celulares que ayudan a mantener la estabilidad de la membrana que es parte integral de la pared celular y a su vez proporciona rigidez (Conway *et al.*, 2002). De los indicadores de color, estas quedarían dentro de primera calidad según lo establece la Norma Oficial Mexicana (2003), la cual señala un 50 % para los cultivares bicoloreadas o parcialmente rojas, el mayor valor obtenido en SST fue de 12.4 oB con el T12, en acidez titulable el T3 presentó el mayor incremento en comparación con el testigo y la relación SST/acidez titulable

presentó un incremento en el T12. Malakouti *et al.* (1999) mencionan que los frutos de los árboles tratados con CaCl₂ presentaron un incremento de Ca significativamente en el fruto, así como, en las variables evaluadas de firmeza y SST, en donde se señala la posible influencia del Ca en la calidad. El fruto es el primero en mostrar los síntomas de deficiencia y de numerosas desordenes fisiológicos que ocurren en el árbol cuando resultan bajos en niveles de Ca, además, el Ca es considerado el nutriente más importante en la determinación de la calidad, especialmente en manzanas, ayudando a mantener la firmeza (Mancera *et al.*, 2007).

Cuadro 1. Rendimiento y calidad de la manzana ‘Top Red’ cosechadas de árboles tratados con diferentes dosis de CaCO₃ aplicados al suelo.

Tratamientos	Rendimiento t/ha	Diámetro cm	Peso g	Color %	Firmeza N	SST °Brix	Acidez Titulable % Ac. Málico	Relación SST/acidez titulable
CaCO ₃	0.4025 ^U	0.0118 ^U	0.0541	0.1326	0.0004	0.1715	0.0839	0.0553
1	36.4ba ^V	71.8 ba	158.2 ba	65.2 b	61.7 bc	11.9 bac	0.313 bdac	38.5 bdc
2	40.8 ba	71.2 ba	149.5 ba	66.5 b	60.4 dc	12.3 a	0.326 bac	38.1 bdc
3	44.5 ba	68.3 b	138.5 b	77.5 a	69.5 ba	11.7 bac	0.343 a	34.6 d
4	46.0 ba	69.8 ba	144.4 ba	66.9 b	60.4 dc	10.9 c	0.310 bdac	36.0 dc
5	34.1 b	72.8 a	160.7 a	67.2 b	60.8 dc	11.0 bc	0.278 dc	40.2 bdac
6	43.0 ba	71.4 ba	149.6 ba	66.3 b	66.3 bac	12.2 a	0.332 ba	37.2 dc
7	46.8 a	71.6 ba	153.3 ba	64.7 b	68.1 bac	12.0 bac	0.272 d	44.1 ba
8	46.0 ba	69.0 b	142.7 ba	65.5 b	73.8 a	11.6 bac	0.285 bdc	40.9 bdac
9	36.4 ba	72.0 ba	160.8 a	68.2 b	63.5 bc	11.5 bac	0.317 bdac	36.4 dc
10	40.1 ba	71.5 ba	150.2 ba	69.2 b	68.4 bac	12.1 ba	0.310 bdac	39.4 bdac
11	45.3 ba	71.6 ba	153.9 ba	66.1 b	61.4 bc	12.2 a	0.293 bdc	41.7 bac
12	40.5 ba	71.2 ba	147.9 ba	68.0 b	52.8 d	12.4 a	0.273 d	45.6 a
DMS ^W	11.9	3.7	21.0	7.7	8.12	1.1	0.049	6.6
CV ^X	19.86	3.5 9	9.68	7.95	8.83	6.48	11.09	11.73
μ ^Y	41.7	71.0	150.8	67.6	63.9	11.8	0.304	39.39

^UProbabilidad Pr ≥ 0.05 no significativo, 0.05 ≤ Pr ≤ 0.01 significativo, Pr < 0.01 altamente significativo; ^VLetras diferentes son estadísticamente distintas a través de la diferencia mínima significativa, prueba de t (p ≤ 0,05); ^WDiferencia mínima significativa; ^XCoefficiente de variación; ^YMedia general.

Rendimiento y calidad en Golden Delicious

Los resultados obtenidos en el cultivar de manzana Golden Delicious para cada uno de los tratamientos evaluados, rendimiento, diámetro, peso, color de fruto, firmeza, SST y acidez titulable, presentaron diferencias significativas con un incremento en el rendimiento de 48.2 t/ha a diferencia del testigo (Cuadro 2), el tamaño del fruto presentó un incremento del 5.2 % y un incremento en el peso de 13.4 %, el mayor contenido de color fue de 50.5, siendo el color óptimo de 56 a 66 % (verde ceroso avanzado) el cual denota fresca y corresponde a una madurez atractiva para el comprador. Los sólidos solubles y acidez titulable, presentaron los valores más altos con un 6 % de incremento, en comparación con el testigo. Hammet (1980), considera que en manzanas ‘Golden Delicious’ es apropiada una relación de SST/acidez titulable, debido a la disminución de ácido málico en manzanas en la maduración, por lo que se convierte en un indicador del grado de madurez que tiene el fruto y vida de almacenamiento Mancera (2007), menciona la importancia del Ca en la calidad del fruto Golden delicious, en donde obtuvo valores de 58.04 en firmeza, 14.4 en SST, 0.462 en acidez titulable y un peso de 171.1 g un poco más bajos a los obtenidos en este estudio. El contenido en SST, acidez y firmeza son factores importantes a la hora de determinar la calidad gustativa de las manzanas Golden Delicious, además, un bajo contenido de calcio favorece el aumento de la respiración y con ello acelera el proceso de maduración (Xucla, 2012; Tomala y Dilley 1990). Por lo tanto, las aplicaciones de carbonato de calcio presentaron un incremento de las variables de calidad superando al testigo, lo que da prospectiva al uso del subproducto CaCO₃ como alternativa de suplemento para mejorar calidad de la manzana.

Cuadro 2. Rendimiento y calidad de la manzana ‘Golden Delicious’ cosechada de árboles tratados con diferentes dosis de CaCO₃ aplicados al suelo

Tratamientos	Rendimiento t/ha	Diámetro cm	Peso g	Color %	Firmeza N	SST °Brix	Acidez Titulable %	Relación SST/ acidez titulable
	0.6930 ^U	0.5561 ^U	0.4767	0.4102	0.0373	0.2285	0.0005	0.0014
1	42.3 a ^V	69.1 ba	147.9 b	49.1 ba	62.7 ba	14.0 a	0.660 ba	21.2 bedc
2	31.2 a	71.7 a	166.8 ba	49.3 ba	60.1 bac	13.6 ab	0.663 ba	20.5 ed
3	41.6 a	69.9 ba	160.1 ba	49.6 b	60.6 bac	12.9 b	0.598 bc	22.0 bdc
4	31.9 a	70.7 ba	163.8 ba	51.0 a	61.1 bac	13.5 ba	0.704 a	19.2 e
5	39.4 a	72.0 a	170.8 a	49.3 ba	54.8 c	13.4 ba	0.620 bc	21.5 bedc

Efecto del subproducto industrial CaCO₃ en los atributos de calidad, contenido fenólico y capacidad antioxidante de manzana cvs Golden Delicious y Top Red

6	38.6 a	69.7 ba	154.9 ba	48.7 ba	61.9 ba	13.8 ba	0.561 c	24.6 a
7	40.7 a	67.9 b	152.9 ba	48.5 b	61.9 ba	12.9 b	0.544 c	23.6 bac
8	48.2 a	72.7 a	173.5 a	49.1 ba	54.5 bc	13.7 ba	0.643 ba	21.4 bedc
9	41.6 a	70.5 ba	158.4 ba	48.9 ba	61.8 ba	13.9 ba	0.665 ba	21.0 edc
10	43.0 a	70.2 ba	159.2 ba	50.5 ba	58.8 bac	14.0 ba	0.648 ba	21.8 bedc
11	36.4 a	69.4 ba	154.6 ba	49.4 ba	64.5 a	14.6 a	0.620 bc	23.7 ba
12	40.8 a	71.5 ba	168.1 ba	49.8 ba	57.5 bc	14.1 ba	0.561 c	25.2 a
DMS ^w	17.5	3.8	2.7	2.4	17.5	1.4	0.078	2.6
CV ^x	30.81	3.76	9.81	3.44	7.77	6.96	8.73	8.10
μ ^y	39.6	70.4	160.9	49.5	60.2	13.7	0.624	22.2

^uProbabilidad $Pr \geq 0.05$ no significativo, $0.05 \leq Pr < 0.01$ significativo, $Pr < 0.01$ altamente significativo; ^vLetras diferentes son estadísticamente distintas a través de la diferencia mínima significativa, prueba de t ($p \leq 0,05$); ^wDiferencia mínima significativa; ^xCoefficiente de variación; ^yMedia general.

Capacidad antioxidante y contenido fenólico total

Las manzanas han sido identificadas como una de las principales fuentes dietéticas de antioxidantes, principalmente fenoles (Boyer & Liu, 2004). Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes cultivares evaluados y los diferentes tratamientos de CaCO₃ (Cuadro 3). La aplicación de cualquiera de los tratamientos aumentó significativamente ($P \leq 0.05$) el contenido de capacidad antioxidante, así como, el contenido de compuestos fenólicos en los dos cultivares evaluados, siendo el cultivar Golden Delicious el que presentó los valores más altos en capacidad antioxidante con 2.27 mg g⁻¹ de trolox y el cultivar Top red obtuvo los valores más altos en compuestos fenólicos con 3.587 mg g⁻¹ de ácido gálico, estas diferencias parecen señalar como una posible influencia en la calidad y el contenido de antioxidantes totales en la manzana, ya que un incremento en la maduración de los frutos va asociado a un bajo contenido de antioxidantes (Lentheric *et al.*, 1999). Autores como Candrawinata *et al.* (2005) determinaron el contenido de capacidad antioxidante y fenoles, encontrando valores de 417.03 μg g⁻¹ de Trolox y 424.49 μg g⁻¹ de ácido gálico respectivamente. Henríquez *et al.* (2010) determinaron el contenido fenólico en manzanas Red Delicious obteniendo 1.9 mg de ácido gálico g⁻¹, las diferencias pueden deberse a las distintas áreas geográficas, genotipo específico de las plantas e interacciones de las condiciones del cultivo, prácticas agronómicas y procesamiento (Vieira *et al.*, 2009). Por su parte Gil *et al.* (2002) mencionan que la contribución de los compuestos fenólicos a la actividad antioxidante es

mucho mayor que la de la vitamina C o los carotenoides, por lo que la determinación del antioxidante total permite una evaluación más realista del potencial protector de un alimento (Cordenunsi *et al.*, 2005). Esta información es importante para el consumidor ya que le permite conocer las características que determinan la calidad nutritiva de los frutos en compuestos antioxidantes, los cuales protegen al cuerpo humano de reacciones de oxidación celular (Zamora, 2007), por lo que es necesario desarrollar prácticas agronómicas que permitan la conservación de las propiedades funcionales de los frutos, de manera que lleguen al consumidor con una capacidad antioxidante y compuestos fenólicos elevados.

Cuadro 3. Capacidad antioxidante DPPH y contenido de fenoles totales de la manzana cosechada de árboles tratados con diferentes dosis de CaCO₃ aplicados al suelo.

Tratamientos	Golden Delicious		Top Red	
	DPPH mg g ⁻¹ de Trolox	Fenoles mg g ⁻¹ de ácido gálico	DPPH mg g ⁻¹ de Trolox	Fenoles mg g ⁻¹ de ácido gálico
	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
1	1.82 de	3.128 d	1.65 de	3.247 f
2	1.87 cde	3.417 c	1.87 a	3.587 a
3	1.94 bc	3.106 hi	1.61 ef	3.258 e
4	1.88 bcd	3.116 ef	1.63 def	3.246 f
5	1.87 cde	3.119 e	1.62 ef	3.239 f
6	2.24 a	3.118 ef	1.58 f	3.270 c
7	1.96 b	3.114 fg	1.67 cd	3.222 g
8	1.90 bcd	3.135 i	1.81 b	3.260 de
9	1.79 e	3.125 d	1.62 def	3.218 g
10	1.87 cde	3.110 gh	1.71 c	3.270 cd
11	2.26 a	3.423 b	1.61 ef	3.571 b
12	2.27a	3.435 a	1.62 ef	3.29 e
DMS ^w	0.08	0.004	0.05	0.010
CV ^x	2.48	0.08	1.88	0.18
μ ^y	1.97	3.193	1.67	3.304

^uProbabilidad Pr ≥ 0.05 no significativo, 0.05 ≤ Pr ≤ 0.01 significativo, Pr < 0.01 altamente significativo; ^vLetras diferentes son estadísticamente distintas a través de la diferencia mínima significativa, prueba de t (p ≤ 0,05); ^wDiferencia mínima significativa; ^xCoefficiente de variación; ^yMedia general.

Poder reductor

En este ensayo, el color amarillo de la solución de ensayo cambia a varios tonos de verde y azul, dependiendo del poder reductor de cada compuesto (Figura 2). La presencia de reductores (es decir, antioxidantes) provoca la reducción del complejo ferricianuro de Fe^{3+} a la forma ferrosa. En donde, la medición de la formación de Perl azul prusiano a 700 nm puede controlar la concentración de Fe^{2+} (Vijayakumar *et al.*, 2012). El poder reductor mide la capacidad para donar un electrón de un antioxidante (Gulcin, 2015), por lo tanto un incremento en la absorbancia es indicativo de un alto poder reductor en las muestras de manzana, ya que, los tratamientos evaluados mostraron mayor poder reductor en comparación con el testigo.

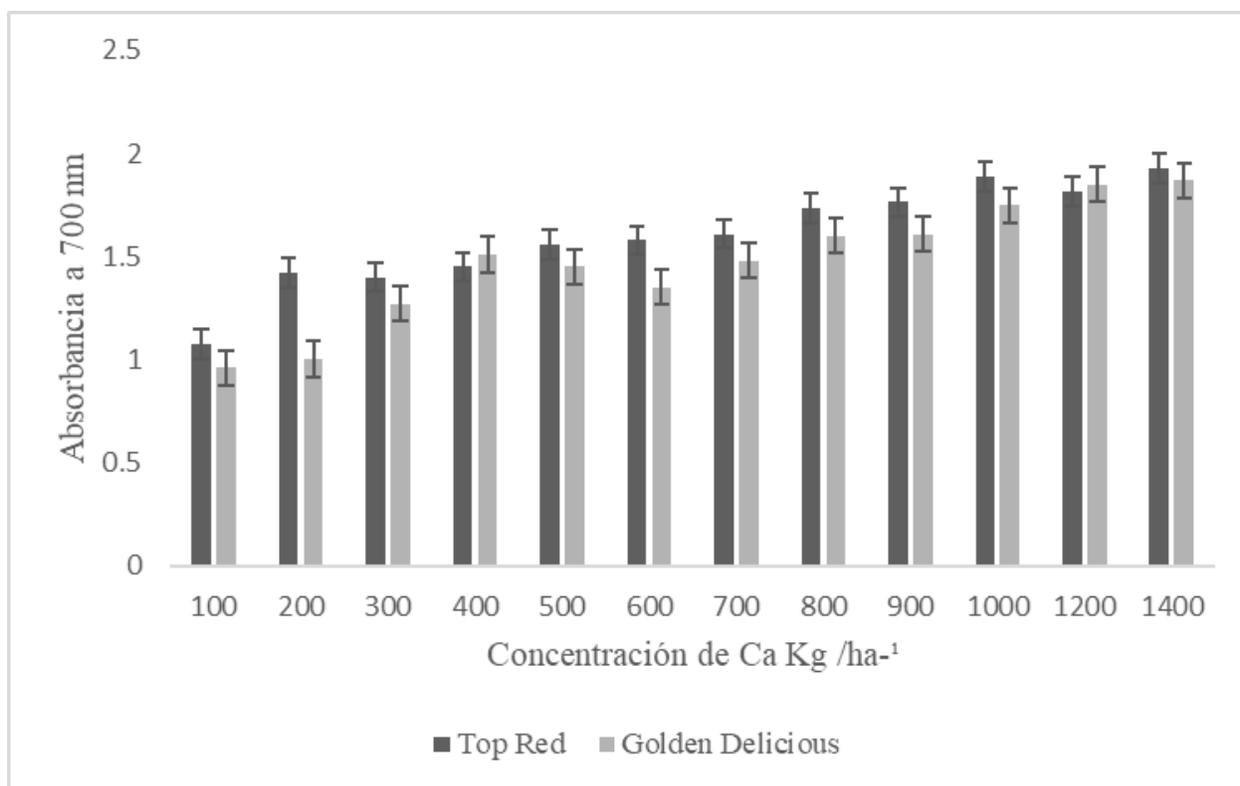


Figura 2. Capacidad reductora de los dos cultivares de manzanas evaluadas. Cada valor representan la media \pm desviación estándar para $n = 3$.

Conclusiones

El contenido de Ca en los frutos de manzanas Top Red y Golden Delicious se vieron favorecidos al presentar un incremento en las variables evaluadas por la aplicación de Carbonato de Calcio. El cultivar Top Red presentó los mayores valores de color, firmeza, relación SST/acidez titulabe y

compuestos fenólicos. El cultivar Golden Delicious presentó un incremento en las variables de rendimiento, peso, SST, acidez titulable y capacidad antioxidante. Finalmente, resaltar que la aplicación del subproducto Carbonato de Calcio pudiera considerarse como una práctica agronómica adecuada para mejorar la calidad y aumentar el contenido nutricional de las manzanas, como fuente natural de antioxidantes.

Referencias

- Aghdam MS, Massanpouraghdam MB, Paliyath G, Farmani B. (2012). The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. *Scientia Horticulturae* (Amsterdam) 144: 102–115.
- Angeletti P, Castagnasso H, Miceli E, Terminiello L, Concellón A, Chaves A, Vicente AR. (2010). Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and cell wall degradation of two blueberry (*Vaccinium corymbosum*) varieties. *Postharvest Biology and Technology* 58: 98-103.
- Barrett DM, Beaulieu JC, Shewfel TR. (2010). Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 50: 369-389.
- Bouzo C, Cortez S. (2012). Efecto de la aplicación foliar de calcio sobre algunos atributos de calidad en frutos de melón. *Revista de Investigación Agropecuaria*. 38: 257-262.
- Boyer J, Liu RH. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal* 3:3-5.
- Candrawinata VL, Golding JB, Roach PD, Stathopoulos CE. (2014). Total phenolic content and antioxidant activity of apple pomace aqueous extract: effect of time, temperature and water to pomace ratio. *International Food Research Journal*. 21: 2337-2344.
- Contreras-Angulo LA, Heredia JB, Sánchez-Alvarez CE, Angulo-Escalante MA, Villarreal-Romero M. (2011). Efecto del genotipo y sales de calcio en la calidad de tomates frescos cortados. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 17: 39-45.
- Conway WS, Sams CE, Hickey KD. (2002). Pre- and postharvest calcium treatment of apple fruit and its effect on quality. *Acta Horticulturae* 594: 413–419.
- Cordenunsi BR, Genovese MI, Do Nascimento J, Hassimotto N, Dos Santos R, Lajolo FM. (2005). Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chemistry*. 91:113-121.

- Drogoudi PD, Michailidis Z, Pantelidis G. (2008). Peel and flesh antioxidant content and harvest quality characteristics of seven apple cultivars. *Science Horticulturae (Amsterdam)* 115: 149-153.
- Ferguson, I. (2001). Calcium in apple fruit. Washington tree fruit postharvest conference. <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/proc/PC2001G.pdf>.
- Gil MI, Tomás-Barberán FA; Hess-Pierce B, Kader AA. (2002). Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids and vitamin C contents of nectarine, peach and plum cultivars from California. *Journal Agricultural Food Chemistry*. 50: 4976-4982.
- Gulcin I. (2015). Fe³⁺ -Fe²⁺ Transformation method: An important antioxidant assay. In: *Advanced Protocols in Oxidative Stress III. Methods in Molecular Biology*, Armstrong Donald (ed.) Springer Science+Business Media New York p. 233-.246.
- Hammett RH. (1980). Evaluation of fresh market and storage quality of North Carolina apples. North Carolina Agricultural Research Service in Cooperation with the United States Department of Agriculture. Tech. Bu. 262-265.
- Henríquez C, Almonacid S; Chiffelle I, Valenzuela T, Araya M, Cabezas L, Simpson R, Speisky H. (2010). Determination of antioxidant capacity, total phenolic content and mineral composition of different fruit tissue of five apple cultivars in grown in Chile. *Chilean Journal Agricultural Research*. 70: 523–536.
- Lentheric I, Pinto E, Vendrell M; Larrigaudiere C. (1999). Harvest date affects the antioxidative systems in pear fruits. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 74: 791-795.
- Lobos T, Pinilla H, Lobos W. (2011). Effect of calcium applications on the quality of highbush blueberry fruit Cv. Elliott. *IDESIA*. 29: 59–64.
- Mancera-López MM, Soto-Parra JM, Sánchez-Chávez E, Yáñez-Muñoz RM, Montes-Domínguez F, Balandrán-Quintan RR. (2007). Caracterización mineral de manzana Red Delicious y Golden Delicious de dos países productores. *Tecnociencia* 1(2) 6-17.
- Malakouti MJ, Tabatabaei SJ, Shahabil A, Fallahi E. (1999). Effects of calcium chloride on apple fruit quality of trees grown in calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*. 22: 1451-1456.
- Martínez-Valverde S, Periago MJ, Provan G, Chesson A. (2002). Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82: 323-30.

- Meir S, Kanner J, Akiri B, Hadas SP. (1995). Determination and involvement of aqueous reducing compounds in oxidative defense systems of various senescing leaves. *Journal Agricultural Food Chemistry*. 43: 1813-181.
- NMX-FF-061-SCFI-(2003). Productos agrícolas no industrializados para consumo humano - fruta fresca - manzana (*Malus pumila* Mill) - (*Malus domestica* Borkh) - Especificaciones (Cancela a la NMX-FF-061-1993-SCF).
- Oyaizu M. (1986). Studies on the products of browning reaction prepared from glucose amine. *Japan Journal of Nutrition* 44:307–315.
- Pihedrahita, O. (2012). Calcio en las plantas. Nuprec. http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/Literatura/Calcio/Calcio%20en%20Plantas.pdf.
- Péneau S, Brockhoff PB, Hoehn E, Escher F, Nuessli J. (2007). Relating consumer evaluation of apple freshness to sensory and physico-chemical measurements. *Journal Sensory Studies*. 22: 313-335.
- Rincón A, Martínez E. (2015). Funciones del calcio en la calidad poscosecha de frutas y hortalizas : Una Revisión. *Alimentos Hoy* 24: 13–25.
- Román, S. (2014). Bitter Pit y Lenticelosis en manzano: factores predisponentes y medidas de control en los huertos. *Boletín Técnico POMÁCEAS*. 14 (3): 1-7.
- Scalbert A, Manach C, Morand C, EM CR. (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 306: 287-306.
- Scalzo J, Politi A, Pellegrini N, Mezzetti B, Battino M. (2005). Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Nutrition*. 21: 207-213.
- Silveira AC, Sautter CK, Tonetto De Freitas S, Galiotta G, Brackmann A. (2007). Determinación de algunos atributos de calidad de la variedad Fuji y sus mutantes al momento de cosecha. *Ciencia e Tecnología de Alimentos Campinas*. 27 (1): 149-153.
- Singleton VL, Rossi JR JA. (1965). Colorimetric of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal Enology and Viticulture*. 16: 144-158.
- Soto PJ, Sánchez Che, Uvalle M, Yáñez BJX, Montes MRM, Ruiz DF, Romero L. (2001). Pre-harvest Application Dosages of Aminoethoxyvinylglycine in Relation to Ripening, Fruit Drop and Watercore in ‘Red Delicious’ and ‘Golden Delicious’ Apples. *International Journal of Experimental Botany Phytion*. 171-178.

- Tomala K., Dilley DR. (1990). Some factors influencing the calcium level in apple fruits. *Acta Horticulturae*. 274: 481-487.
- Vieira F, Borges G, Copetti C, Amboni R, Denardi F, Fett R. (2009). Physico-chemical and antioxidant properties of six apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.) grown in southern Brazil. *Scientia Horticulturae* 122: 421-425.
- Vijayakumar M, Selvi V, Krishnakumari SS, Priya K, Noorlidah A. (2012). Free radical scavenging potential of *Lagenaria siceria* (Molia) standl fruits extract. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. 20-26.
- Xucla Tarres F. (2013). La calidad de las manzanas Golden Smoothee en respuesta a las estrategias de aplicación de nitrógeno y calcio, combinado con el efecto del 1-Metilciclopropeno. Universitat de Lleida. Tesis de Doctorado. <http://www.tdx.cat/handle/10803/108504>
- Zamora SJD. (2007). Antioxidante: micronutrients en lucha por la salud. *Revista Chilena Nutrición* 34: 1-11.