

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
POSTGRADO EN AGRONOMIA

**Efecto de la aplicación precosecha de calcio sobre la calidad de
frutos de lechosa (*Carica papaya* L.) ‘Carmen F1’**

Tesista: Ing. Agr. Mailyn Mago

Tutora: Dra. Carmen Basso

Maracay, 02 de Noviembre de 2015

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el efecto de la aplicación precosecha de calcio sobre la calidad de frutos de lechosa (*Carica papaya* L.) ‘Carmen F1’, se llevó a cabo un ensayo en la Facultad de Agronomía de la UCV en diseño de Bloques al Azar con siete tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en la aplicación de calcio (producto comercial con 14,40% Ca) a diferentes concentraciones (0; 0,1; 0,2 y 0,3%) asperjadas cada 15 días sobre hojas (14 aplicaciones) o frutos (10 aplicaciones) hasta inicio de maduración. Se evaluó el período entre madurez de cosecha y de consumo, variables de calidad del fruto (físicas y químicas), actividad de la pectinmetilesterasa (PME), poligalacturonasa (PG) y celulasa (CEL) en el mesocarpio en madurez de cosecha y de consumo, contenido de calcio en hojas y frutos y la incidencia de enfermedades durante la poscosecha. No hubo efecto de los tratamientos sobre el período entre madurez de cosecha y consumo y las variables de calidad del fruto, excepto para la firmeza en madurez de cosecha. De igual manera solo hubo efecto sobre la actividad de PME y PG en madurez de cosecha, no así para madurez de consumo ni en CEL en ambos estados de maduración. Los niveles de calcio en hojas y frutos tampoco fueron afectados por los tratamientos. Los resultados indicaron que, en madurez de cosecha, los frutos más firmes fueron aquellos a los que se les aplicó directamente el calcio en dosis de 0,2 y 0,3 % Ca, siendo los de menor firmeza aquellos de plantas a las que se aplicó ese elemento de manera foliar a la mayor dosis (0,3%). Por otro lado, en madurez de cosecha, la actividad de la PME disminuyó respecto al testigo, en los tratamientos donde se aplicó calcio foliar al 0,1% y 0,2% dirigido al fruto. En el caso de la PG, su actividad disminuyó en madurez de cosecha respecto al testigo en el tratamiento donde se aplicó calcio al fruto al 0,1%. El índice promedio de severidad para hongos fue significativamente diferente entre los tratamientos, solo a los 9 y 12 días después de la cosecha, encontrándose síntomas ocasionados por *Colletotrichum gloesporioides*, *Colletotrichum truncatum*, *Fusarium* sp., *Cladosporium cladosporioides*, *Aspergillus* sp. y *Lasiodiplodia theobromae*.

Palabras clave: lechosa, calidad del fruto, enzimas, calcio.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE ANEXOS	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
1. Período entre madurez de cosecha y madurez de consumo.....	16
2. Características físicas del fruto.....	16
2.1 Peso fresco y peso seco	16
2.2 Volumen	16
2.3 Gravedad específica.....	16
2.4 Diámetro del fruto.....	16
2.5 Longitud del fruto.	16
2.6 Grosor del pericarpio	16
2.7 Firmeza.....	16
3. Características químicas del fruto.....	17
3.1 Clorofila a, b y total en el epicarpio	17
3.2 Carotenoides totales en epicarpio y mesocarpio	17
3.3 Sólidos solubles totales en el mesocarpio	18
4. Actividad de la pectinmetilesterasa, poligalacturonasa y celulasa en el mesocarpio del fruto.	18
4.1 Actividad de la pectinmetilesterasa.....	18
4.2 Actividad de la poligalacturonasa.....	19
4.3 Actividad de la celulasa.....	19

5. Síntomas y severidad de enfermedades durante la poscosecha.....	19
6. Niveles de Ca en hojas y frutos.....	20
7. Análisis de los datos.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
1. Período entre madurez de cosecha y madurez de consumo.....	21
2. Características físicas del fruto.....	22
2.1 Peso fresco y peso seco	22
2.2 Volumen y gravedad específica	24
2.3 Diámetro del fruto, longitud del fruto y grosor del pericarpio.....	25
2.4 Firmeza.....	26
..	
3. Características químicas del fruto.....	29
3.1 Clorofila a, b y total en el epicarpio	29
3.2 Carotenoides totales en epicarpio y mesocarpio	30
3.3 Sólidos solubles totales en el mesocarpio	32
4. Actividad de la pectinmetilesterasa, poligalacturonasa y celulasa en el mesocarpio del fruto.	33
5. Síntomas y severidad de enfermedades durante la poscosecha.....	37
6. Niveles de calcio en hojas y frutos.....	41
7. Relación de los niveles de calcio en hojas y frutos de lechosa, con las variables de calidad de los frutos y la actividad de las enzimas del ablandamiento.....	47
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXOS.....	62

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Características generales del suelo del Campo Experimental donde se realizó la investigación.....	12
Cuadro 2. Identificación de los tratamientos, indicando concentración de calcio y formas de aplicación.	13
Cuadro 3. Escala para evaluar la severidad de las enfermedades en los frutos.....	20
Cuadro 4. Índice Promedio de Severidad del fruto afectado por hongos durante la poscosecha en lechosa ‘Carmen F1’.	38
Cuadro 5. Grado de asociación entre los contenidos de calcio en la hoja y las variables físicas de calidad de frutos de lechosa ‘Carmen F1’.....	47
Cuadro 6. Grado de asociación entre los contenidos de calcio en hoja y fruto y las variables de calidad del fruto de lechosa ‘Carmen F1’, evaluadas en madurez de consumo.....	47
Cuadro 7. Grado de asociación entre los contenidos de calcio en hojas y frutos y la actividad de las enzimas del ablandamiento, evaluadas en frutos de lechosa ‘Carmen F1’ en madurez de cosecha y de consumo	49
Cuadro 8. Grado de asociación entre la firmeza y la actividad de las enzimas del ablandamiento evaluadas, en frutos de lechosa ‘Carmen F1’ en madurez de cosecha y de consumo.....	50

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Condiciones climáticas que rigieron durante el experimento (mar/14 a ene/15).....	15
Figura 2. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre el período entremadurez de cosecha y madurez de consumo en frutos de lechosa ‘Carmen F1’...	21
Figura 3. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre el peso fresco y seco en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.....	23
Figura 4. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre el volumen y gravedad específica en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.....	25
Figura 5. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre el diámetro, longitud del fruto y grosor del pericarpio en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.....	26
Figura 6. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre la firmeza en madurez de cosecha y consumo en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.....	27
Figura 7. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre la clorofila <i>a</i> , <i>b</i> y total totales en el epicarpio en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.....	30
Figura 8. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre los carotenoides totales en el epicarpio y el mesocarpio en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.....	31
Figura 9. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre los sólidos solubles totales en el mesocarpio en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.....	32
Figura 10. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre la actividad de la pectinmetilesterasa en madurez de cosecha y consumo en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.....	34
Figura 10. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre la actividad de la poligalacturonasa en madurez de cosecha y consumo en frutos de lechosa ‘Carmen	35

F1'	
Figura 11. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre la actividad de la celulasa en madurez de cosecha y consumo en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.....	37
Figura 13. Síntomas de antracnosis en frutos de lechosa ‘Carmen F1’, crecimiento en PDA y forma de conidios de los aislamientos identificados como <i>C. gloeosporioides</i>	40
Figura 14. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre el contenido de calcio en la hoja y en el fruto de lechosa ‘Carmen F1’.....	41
Figura 15. Ocurrencia de eventos de precipitación y días de aplicación de los tratamientos de calcio (el símbolo ◆ hace referencia a las fechas de aplicación del calcio).....	44
Figura 16. Plantas de lechosa ‘Carmen F1’ afectadas por las altas precipitaciones.....	46

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis de varianza para período entre madurez de cosecha y consumo (días) en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.....	62
Anexo 2. Análisis de varianza para peso fresco y seco del fruto (g fruto ⁻¹) de lechosa ‘Carmen F1’.....	62
Anexo 3. Análisis de varianza para volumen (ml) y gravedad específica (g mL ⁻¹) del fruto en lechosa ‘Carmen F1’.....	62
Anexo 4. Análisis de varianza para diámetro (cm), longitud del fruto (cm) y grosor del pericarpio (mm) de frutos de lechosa ‘Carmen F1’.....	63
Anexo 5. Análisis de varianza para la firmeza (mm de penetración) en frutos de lechosa ‘Carmen F1’, en madurez de cosecha y de consumo.....	63
Anexo 6. Análisis de varianza para clorofila <i>a</i> , <i>b</i> y total en el epicarpio (mg por 100 mg tejido fresco) de frutos de lechosa ‘Carmen F1’.....	63
Anexo 7. Análisis de varianza para carotenoides totales en el epicarpio y en el mesocarpio (mg por 100 mg tejido fresco) en lechosa ‘Carmen F1’.....	64
Anexo 8. Análisis de varianza para sólidos solubles totales (°brix) en el mesocarpio de frutos de lechosa ‘Carmen F1’.....	64
Anexo 9. Análisis de varianza para la actividad de la pectinmetilesterasa en madurez de cosecha y madurez de consumo (Variación de la absorbancia a 620nm h ⁻¹ a 30°C) en lechosa ‘Carmen F1’.....	64
Anexo 10. Análisis de varianza para actividad de la poligalacturonasa en madurez de cosecha y madurez de consumo (% de pérdida de la viscosidad de la mezcla de reacción) en lechosa ‘Carmen F1’.....	65
Anexo 11. Análisis de varianza para actividad de la celulasa en madurez de cosecha y madurez de consumo (% de pérdida de disminución de la viscosidad por una hora	65

a 30°) en lechosa ‘Carmen F1’	
Anexo 12. Análisis de varianza para Índice promedio de severidad para hongos durante la poscosecha en lechosa ‘Carmen F1’	65
Anexo 13. Análisis de varianza para el contenido de calcio en la hoja y en el fruto (%) en lechosa ‘Carmen F1’	66

INTRODUCCION

La lechosa (*Carica papaya* L.) es originaria de América y se cultiva en los trópicos y subtropicos. Sus frutos tienen una gran aceptación en el mercado fresco y en la industria, tanto a nivel nacional como internacional. Se considera una fruta muy saludable porque contribuye beneficiosamente a la salud humana, por presentar un alto valor nutricional, siendo rica en vitaminas A y C (USDA, 2015).

El fruto de la lechosa es una baya ovoide-oblonga, piriforme o casi cilíndrica, carnosa, jugosa, de color externo verde amarillento, amarillo o anaranjado-amarillo cuando maduro, con pulpa de color anaranjado o rojizo (Avilán *et al.*, 1989). Es un fruto climatérico, por lo que los cambios en color, firmeza, sabor, producción de etileno y otros, continúan después de ser cosechado. Durante su comercialización es posible observar una serie de desórdenes fisiológicos, mecánicos y patológicos, que afectan su calidad y vida poscosecha, originando ablandamiento de los frutos y alteraciones en el color, sabor, textura y aroma, entre otros (Arias y Toledo, 2000).

El ablandamiento del fruto de la lechosa es uno de los principales factores que determina su deterioro poscosecha, influyendo sobre su vida de anaquel y desarrollo de infecciones por patógenos. Por ello, generalmente se cosecha antes de alcanzar su completa madurez, para así poder mantener los frutos firmes, reducir los daños durante el manejo y prolongar la vida de almacenamiento (Sañudo *et al.*, 2008).

Con relación a las pérdidas poscosecha debidas a enfermedades, se han reportado diversos patógenos afectando a los frutos de lechosa, entre los que se señalan hongos de los géneros *Colletotrichum*, *Aspergillus*, *Curvularia*, *Phomopsis*, *Fusarium*, *Cercospora*, *Cladosporium*, *Corynespora*, *Rhizopus* y *Penicillium* (Albornett y Sanabria, 1994), los cuales disminuyen los atributos de calidad. Para hacer frente a esta problemática y reducir este tipo de daños, se ha planteado la búsqueda de alternativas para poder presentar al consumidor frutos de calidad con larga vida en el almacenamiento.

Existen diversos factores que juegan papel importante en el logro de frutos de buena calidad y preservación durante la poscosecha, siendo uno de ellos la nutrición mineral de la planta. Muchos reportes de mala calidad del fruto pueden relacionarse con las deficiencias de ciertos nutrimentos durante el desarrollo del mismo. Aunque algunos de ellos tienen efecto sobre el desarrollo de la fruta y su calidad, uno de los que ha recibido mayor atención es el calcio por sus efectos sobre la vida poscosecha (Penter *et al.*, 2001).

El calcio está asociado a diversas funciones importantes dentro de la planta, principalmente en la estabilización y rigidez de membranas y paredes celulares (Marschner, 1995). Esto ocurre porque en la pared celular, el calcio forma enlaces con los grupos carboxilos en cadenas de poligalacturonanos adyacentes presentes en la lámina media de las paredes celulares, lo que contribuye a la adhesión y cohesión célula-célula (Hernández *et al.*, 2008). A nivel de membranas, el calcio genera estabilidad al formar enlaces con los fosfolípidos y proteínas mediante los puentes fosfatos y carboxílicos, preferentemente en la superficie de las membranas (Marschner, 1995).

Por otra parte, el calcio ha sido señalado como importante mensajero secundario de las acciones de las hormonas y de factores ambientales, en los que se incluyen el estrés biótico y abiótico en plantas superiores. Además, este nutrimento está implicado en la regulación de procesos fundamentales como el tigmotropismo, gravitropismo, división celular, elongación celular, diferenciación celular, polaridad celular, fotomorfogénesis, defensa de las plantas y demás respuestas al estrés (Song *et al.*, 2008). Se ha señalado también que aplicaciones de calcio afectan la conformación de las membranas, fortaleciendo su integridad y manteniendo su permeabilidad selectiva, lo que da como resultado el mantenimiento de la calidad en poscosecha (Romero *et al.*, 2006; Lobos *et al.*, 2011).

Los constituyentes más importantes de las paredes celulares son celulosa, hemicelulosa, proteínas y sustancias pécticas. Los compuestos pécticos insolubles de la lámina media son responsables de la cementación entre células y, por tanto, confieren consistencia al tejido. El ablandamiento progresivo de los frutos durante la maduración es consecuencia

de la solubilización gradual de estas pectinas, lo que reduce la cohesión del tejido. La enzima pectinmetilesterasa, facilita la pérdida de los radicales metilo de las pectinas, y seguidamente, la poligalacturonasa hidroliza los polímeros de ácido poligalacturónico (Agustí, 2010).

En investigaciones recientes (Guadarrama y Andrade, 2012) se ha evaluado el papel de algunas enzimas vinculadas a los principales factores de deterioro de las frutas, en especial al ablandamiento excesivo, lo cual estuvo relacionado con la poligalacturonasa, pectinmetilesterasa, β -galactosidasa (β -Gal), xiloglucanasa y xilanasas, las cuales incrementan su actividad durante la maduración y se les considera responsables de la acumulación de pectinas solubles en agua y la disminución de pectinas unidas iónica y covalentemente a la fase fibrilar.

En el caso de los frutos de lechosa, el ablandamiento se ha relacionado con la degradación progresiva de polisacáridos de la pared celular, los cuales son solubilizados y despolimerizados por acción enzimática (Krongyut *et al.*, 2011). Por otra parte, algunos autores (Qiu *et al.*, 1995; Romero *et al.*, 2006; Lobos *et al.*, 2011) han señalado que existe una correlación positiva entre la concentración de calcio en el mesocarpio y la firmeza de la fruta madura; así mismo, se ha demostrado (Silveira *et al.*, 2006) que el ascorbato, propionato o el cloruro cálcico, proporcionan frutas más firmes por una menor actividad de la poligalacturonasa.

Por lo anteriormente expuesto, una posible alternativa para lograr frutos de buena calidad, es la aplicación precosecha de calcio, lo cual contribuiría no solo en la disminución del deterioro de la fruta por pérdida de la firmeza, sino que también podría reducir la susceptibilidad a los patógenos en la poscosecha. Por otro lado, en el país existe poca información respecto a los efectos de la nutrición mineral sobre la calidad del fruto en lechosa y su comportamiento en poscosecha. Es por ello que en esta investigación se planteó la evaluación del efecto de la dosis y forma de aplicación precosecha del calcio, sobre la calidad de los frutos de lechosa 'Carmen F1', uno de los cultivares mayormente sembrados en el país.

OBJETIVOS

General

- Evaluar el efecto de la dosis y forma de aplicación precosecha de calcio, sobre la calidad de frutos de lechosa (*Carica papaya* L.) ‘Carmen F1’.

Específicos

- Evaluar el efecto de la dosis y forma de aplicación del calcio sobre variables físicas y químicas de calidad del fruto de lechosa.
- Evaluar el efecto de la dosis y forma de aplicación del calcio sobre la actividad de la pectinmetilesterasa, poligalacturonasa y celulasa durante la maduración del fruto.
- Evaluar el efecto de la dosis y forma de aplicación del calcio sobre la incidencia de enfermedades en poscosecha.
- Determinar el efecto de la dosis y forma de aplicación precosecha de calcio sobre la acumulación de este elemento en hojas y frutos de lechosa.
- Evaluar la relación de los niveles de calcio en hojas y frutos de lechosa, con las variables de calidad de los frutos y la actividad de las enzimas del ablandamiento evaluadas.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La lechosa (*Carica papaya* L.) es cultivada en más de 40 países, siendo la India el mayor productor a nivel mundial en el año 2012, con 5.160.390 tn (FAO, 2015). Esta fruta recibe diversos nombres, tales como fruta bomba, mamao, papaya, entre otros, y es apreciada por su sabor agradable y la precocidad de la planta. En el país, para el año 2013, la producción de lechosa fue de 199.002 tn, en una superficie cosechada de 10.614 ha con un rendimiento promedio de 18,8 tn ha⁻¹ (FEDEAGRO, 2015). En Venezuela los cultivares más sembrados en los últimos años son ‘Cartagena Roja’, ‘Maradol Roja’, ‘Carmen F1’, ‘Red Lady’ y en menor escala ‘Intenza’ y ‘Mulata’.

Martins y Farias (2002) han señalado que las pérdidas poscosecha de la lechosa pueden alcanzar el 30 % y debido a ello, las prácticas que aumenten la vida útil poscosecha tendrían repercusiones importantes para el mercado interno y las exportaciones (Jacomino *et al.*, 2002).

La lechosa demanda altas cantidades de nutrimentos durante su desarrollo, por lo cual es de vital importancia un apropiado manejo de la fertilización, para así obtener altos rendimientos y frutos de excelente calidad. Malavolta *et al.* (1989) han reportado que los niveles adecuados de nutrimentos para el cultivo de lechosa son: en el peciolo, 1% N; 0,3% P; 2,5-3 % K; 1,5% Ca; 0,4% Mg y en la lámina foliar, 4,5- 5% N; 0,5-0,7% P; 2,5-3% K; 2-2,2% Ca y 1% Mg. Por otra parte, Jones *et al.* (1991) indicaron que las concentraciones de nutrimentos en los peciolos de plantas de lechosa son suficientes si se encuentran entre los siguientes rangos: 1,01-2,5% N; 0,22% P; 3,3-5,5% K; 1-3% Ca y 0,4-1,2% Mg; según lo indicado por estos autores la planta de lechosa posee una alta demanda de nitrógeno, potasio y calcio.

El calcio es un macronutriente que desempeña una función bioquímica importante en las plantas y promueve numerosos procesos metabólicos tales como la formación de la pared celular, la regulación de la funcionalidad de la membrana celular, la formación de la lámina media y la activación de diversos sistemas enzimáticos, lo que contribuye por lo

tanto, al desarrollo apropiado de la planta (Saure, 2005). También tiene función como mensajero secundario, enlazado a la calmodulina, una proteína encontrada en el citosol de las células vegetales para formar el complejo calcio-calmodulina, el cual puede tener actividad en la regulación de muchos procesos metabólicos (Taiz y Zeiger, 2006)

Este elemento puede localizarse en altas concentraciones en las hojas, pero no ocurre lo mismo en órganos que poseen baja transpiración como el fruto; las plantas han desarrollado mecanismos para restringir el transporte de Ca a estos órganos, manteniendo bajas concentraciones del mismo en la savia del floema. La dilución del contenido de Ca en el tejido debido al crecimiento, es una forma de mantener su nivel bajo, lo cual es necesario en los frutos para una rápida expansión celular y una alta permeabilidad de las membranas. Las altas tasas de crecimiento de órganos con baja transpiración, sin embargo, incrementan el riesgo de que el contenido de Ca caiga por debajo del nivel crítico requerido para la estabilización de la pared celular y la integridad de las membranas, y quizás también para su funcionamiento como mensajero secundario. En tejidos y órganos de rápido crecimiento, los desórdenes relacionadas con deficiencias de Ca son amplios, entre ellos, el "corazón amargo" en manzanas y la "pudrición apical" en tomate. Los bajos contenidos de Ca en frutos carnosos también incrementan las pérdidas causadas por un aumento en la velocidad de senescencia del tejido y por las infecciones fungosas (Marschner, 1995).

Los frutos, en general, presentan cambios visibles en sus características externas por efecto del proceso de maduración y senescencia, los cuales pueden ser texturales por pérdida de la firmeza; esta característica está estrechamente relacionada con la alteración enzimática de la laminilla media y la pared celular en los frutos, las cuales están constituidas principalmente por sustancias pécticas, celulosa y hemicelulosa (Salisbury y Ross, 1994).

Una de las enzimas asociadas con el ablandamiento de los frutos es la poligalacturonasa (PG), cuyo sitio principal de actividad es la laminilla media de la pared celular. En los

frutos inmaduros, prácticamente no se detecta actividad de la PG, pero al aproximarse el periodo de la maduración hay un incremento sustancial (Guadarrama y Andrade, 2012).

Por otra parte, la pectinmetilesterasa (PME) es una enzima que cataliza la desmetilación del grupo carboxilo del C₆ de residuos del ácido galacturónico y de la misma forma que la PG, ésta se encuentra asociada físicamente a la pared celular. Se ha encontrado que la enzima PME incrementa su actividad en el estado preclimático observado en frutos de lechosa, mientras que la PG no es detectada en este estado pero sí en el climaterio (maduro), con aumento de su actividad pero disminuyendo después de éste. Con relación a la celulasa, su actividad se incrementa en forma gradual y al mismo tiempo que la PME (Paull y Chen, 1983).

Dado que la firmeza de los frutos es un importante atributo de calidad que está afectado por estas enzimas, causando el ablandamiento de los tejidos de frutos y aumentando su susceptibilidad a la contaminación por hongos, un nivel adecuado de calcio en el fruto es importante para el mantenimiento de la integridad de las membranas de las paredes celulares (Hernández *et al.*, 2008).

Durante el proceso de maduración de los frutos, se produce una degradación de los polisacáridos de la lámina media y de la pared primaria (Waldron *et al.*, 1997); la pared celular se debilita y hay un descenso en la adhesión entre las células (Ishimaru y Kobayashi, 2002). Las modificaciones en las pectinas y otros polisacáridos no celulósicos pueden alterar las propiedades fisicoquímicas de la pared celular.

Se han realizado diversos estudios que demuestran la relación directa entre el contenido de calcio en los frutos, su ablandamiento, firmeza y la vida útil. Cuando el contenido de calcio en el fruto es bajo, el metabolismo respiratorio aumenta y se acelera la maduración y la senescencia (Pratella, 2003). Por su parte, Siddiqui y Bangerth (1995) indicaron que la aplicación de Ca durante el desarrollo de frutos de manzana no siempre conduce a frutos más firmes en el momento de la cosecha, aun cuando puede resultar en una mejor retención de la firmeza durante el almacenamiento. Al respecto, Marschner (1995) señala

que la firmeza de los frutos se correlaciona positivamente con el Ca por estar asociado con la estructura de la pared celular, siendo importante en el ablandamiento del fruto; la degradación de los pectatos está mediada por la poligalacturonasa, y esta enzima es drásticamente inhibida por las altas concentraciones de Ca.

Generalmente, el suministro de nutrientes en los frutales es al suelo, logrando de esta manera satisfacer los requerimientos de las plantas para su crecimiento vegetativo y producción de la fruta. Sin embargo, los desórdenes fisiológicos inducidos por niveles deficitarios de calcio en los frutos han hecho frecuentes las aspersiones de productos a base de calcio desde la fijación hasta el desarrollo de los frutos y las inmersiones en soluciones de sales de calcio en poscosecha. Se ha recomendado que las aplicaciones de calcio al suelo se hagan tempranamente desde el inicio del cultivo, para que puedan tener una incidencia en el proceso productivo (Rodney, 1994; Stückrath *et al.*, 2008; Lobos *et al.*, 2011). Por otra parte, Conway *et al.* (1994) sugieren que la aplicación directa a los órganos de almacenamiento puede ser el mejor método para aumentar el contenido de este nutriente en los frutos.

Qiu *et al.* (1995) evaluaron en lechosa ‘Sunset’ la absorción de Ca por los frutos y su papel en la maduración. Ellos encontraron que la concentración de Ca en el mesocarpio estuvo correlacionada positivamente con la firmeza del fruto maduro y de forma negativa con la velocidad del ablandamiento del mesocarpio; así mismo, encontraron que una concentración de Ca en el mesocarpio igual o mayor a $130 \mu\text{g g}^{-1}$, estuvo asociada a una velocidad de ablandamiento más lenta que la de frutos con una concentración menor. La aspersión de Ca en los frutos durante su crecimiento no incrementó significativamente el nivel de este elemento en el mesocarpio.

En melón, Serrano *et al.* (2002) estudiaron el efecto de la deficiencia de calcio sobre la evolución de la firmeza y la actividad de la enzima poligalacturonasa; ellos encontraron que la firmeza del fruto entero y de la pulpa disminuyeron a partir de los 34 días después de su fijación en los melones control, mientras que en los frutos deficientes en calcio, el proceso de ablandamiento comenzó antes de los 33 días después del cuaje. No detectaron

actividad de la poligalacturonasa en los melones control, sin embargo, esta actividad aumentó durante la maduración de los melones cultivados con soluciones deficientes en calcio, lo que se correlacionó positivamente con el ablandamiento de los frutos. Así, sus resultados permitieron concluir que la incidencia de vitrescencia y el mayor ablandamiento de los frutos cultivados con disoluciones deficientes en calcio, podrían relacionarse con la actividad de la poligalacturonasa.

Natale *et al.* (2005) estudiaron las modificaciones en las paredes celulares de frutos de guayaba tratados con calcio y sin calcio; ellos encontraron que los frutos cosechados en plantas tratadas con este elemento tenían las células de las paredes y la lámina media bien definidas y sólidas, mientras que los frutos de las plantas no tratadas mostraron células con paredes pobremente estructuradas, al igual que la laminilla media, indicando que el calcio tiene un efecto importante en la organización estructural y celular de frutos de guayaba y aumenta la vida útil de esta fruta.

En mango, el calcio también juega un papel importante en la firmeza de los frutos como ha sido indicado por Romero *et al.* (2006), quienes evaluaron el efecto de aplicaciones foliares de Ca sobre la calidad de los frutos; ellos realizaron aplicaciones de nitrato de calcio en cinco aspersiones foliares y al fruto, cada quince días en precosecha, usando concentraciones de 0, 5, 10, 15 y 20 g L⁻¹ de calcio, resultando que los frutos tratados con 10 y 20 g L⁻¹ fueron 34% más firmes que el testigo.

En arándano cv. Elliot, Lobos *et al.* (2011) encontraron que aplicaciones de calcio foliar y al suelo en precosecha, desde la fijación hasta el desarrollo de los frutos, ocasionaron diferencias significativas en la firmeza, con respecto a las plantas no tratadas. El tratamiento testigo que no recibió aplicaciones de calcio fue el tratamiento que obtuvo la firmeza más baja, mientras que el resto de los tratamientos tuvo un comportamiento similar entre sí, destacándose positivamente la mayor firmeza obtenida por el tratamiento donde se aplicó 378 g ha⁻¹ de calcio por aplicación.

También en el caso del melón, Bouzo y Cortez (2012) evaluaron el efecto de la utilización de algunos fertilizantes cálcicos en aspersión foliar, sobre la calidad del fruto, en cinco localidades diferentes. Las soluciones cálcicas fueron aplicadas en cinco oportunidades, semanalmente, desde el inicio de fructificación. Los tratamientos fueron: 1) testigo sin fertilizar, 2) nitrato de calcio (3 g L^{-1}) (Calcinit®, 15,5 % N, 26,6 % Ca), 3) EDTA cálcico amónico (5 cc L^{-1}) (Calcio34®, 34 % Ca) y calcio orgánico (4 mL L^{-1}) (MYR® Calcio, 3,0 % N, 4,5 % Ca). Excepto para la localidad de Media Agua, los resultados indicaron que la aplicación de nitrato de calcio permitió obtener incrementos de la firmeza interna y externa de 40% y 60% respectivamente, en comparación con el testigo.

Otro efecto de importancia del calcio sobre la calidad de los frutos se refiere a la incidencia de las enfermedades poscosecha. Actualmente, mejorar los mecanismos naturales de resistencia a estas enfermedades es de vital importancia, especialmente en los frutos. Los consumidores se encuentran preocupados por los residuos de fungicidas químicos aplicados en poscosecha y el uso de tales químicos está cada vez más restringido debido a su asociación con enfermedades en los seres humanos. El calcio, además de estar relacionado a la firmeza de los frutos también ha sido asociado con la resistencia a enfermedades y un aumento de la cantidad de calcio en los órganos de almacenamiento o sumideros como lo son los frutos, es un medio para mejorar la resistencia natural (Conway *et al.*, 1994).

Aires *et al.* (2004) indicaron que las enfermedades poscosecha en lechosa son principalmente de tres tipos: pudriciones superficiales, pudriciones pedunculares y pudriciones internas de la fruta, y reducen la calidad de la misma causando grandes pérdidas que alcanzan en algunos casos más del 90%, dependiendo de las condiciones de recolección, transporte y embalaje; esto limita la venta en los mercados ya sea nacionales o internacionales.

Información reciente con relación al uso de calcio en precosecha para mejorar la calidad de frutos en lechosa, para los fines antes descritos, es muy limitada. En este sentido, Saborio *et al.* (2000) evaluaron el efecto de aplicaciones precosecha y poscosecha de

calcio sobre la severidad de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*). Los tratamientos precosecha aplicados fueron aspersiones de CaCl_2 al 1% y 4% en dos aplicaciones (< 40 días y entre 100-140 días después de la antesis), aplicaciones de CaCO_3 al suelo (1 tn ha^{-1} , 70 días después de la antesis) y un testigo (sin Ca). Los tratamientos poscosecha fueron inmersiones por 5 min en soluciones de CaCl_2 al 0, 1 y 4%. Los resultados indicaron que las dosis de calcio usadas no favorecieron el control de la antracnosis, aun cuando los depósitos de calcio en las frutas son determinantes en la resistencia física contra las enfermedades causadas por hongos. Estos autores recomiendan definir la concentración óptima de calcio, ya que dosis altas pueden causar resultados no deseables.

En otras frutas, como en el caso de manzanas, Lanauskas *et al.* (2012) estudiaron el efecto de fertilizantes a base de calcio utilizando nitrato de calcio (15,5%N; 18% Ca) y calcio liquido (8% N, 10,5%Ca y 0,3%Mg); ellos encontraron que la aplicación de calcio liquido redujo significativamente la incidencia del “corazón amargo”, un desorden fisiológico que afecta a este fruto. Así mismo, en tomate, Rab y Haq (2012) encontraron que la incidencia de la “pudrición apical” fue más alta (17,56%) en el control (sin aplicación de Ca) y disminuyó significativamente a 14,22% y 10,12% con la aplicación de 0,3% y 0,6% de CaCl_2 , respectivamente.

Lo anteriormente expuesto demuestra que el calcio es un elemento que afecta notablemente la calidad de las frutas, por lo cual es de gran interés conocer sus efectos y evaluar sus bondades en aquellas frutas con una vida limitada durante la poscosecha por un rápido ablandamiento, o por daños asociados por enfermedades o desórdenes fisiológicos; de esta manera, será posible establecer técnicas para su correcta utilización en pre y poscosecha y así disminuir en lo posible la pérdida de la calidad en las frutas.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo fue conducido en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, ubicado en Maracay (estado Aragua) a 10° 17' LN y 67° 36' LO y 455 msnm. La zona pertenece al Bosque Seco Tropical y los suelos en los cuales se realizó la investigación presentan las características indicadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características generales del suelo del Campo Experimental donde se realizó la investigación.

Variable	0-20 cm	20-40 cm
Arena (%)*	42	42
Arcilla (%)*	10	10
Limo (%)*	48	48
Textura	Franco	Franco
Fósforo (mg/kg)**	23	12
Potasio (mg/kg)**	69	43
Calcio (mg/kg) ◇	554	546
Magnesio (mg/kg) ◇◇	184	172
Materia Orgánica (%)●	2,50	1,75
pH 1: 2.5 (suelo: agua)	6,30	6,20
Conductividad Eléctrica (dS/m)	0,08	0,07
Cobre (ppm)	1,68	1,80
Hierro (ppm)	204,41	156,31
Zinc (ppm)	3,17	2,77
Manganeso (ppm)	380,76	380,76

Fuente: Unidad de Servicio de Análisis de Suelo-Agua-Planta (INIA- Aragua)

* Método de Boyoucus; ** Método de Olsen; ◇ Método Modificado de Morgan; ◇◇ lectura directa en espectrofotómetro de absorción atómica; ●Método Walkley and Black

El diseño experimental utilizado fue de Bloques al Azar con siete tratamientos tres repeticiones y 10 plantas por unidad experimental. Se evaluaron tres concentraciones de calcio y dos formas de aplicación más un testigo (Cuadro 2). Las soluciones de calcio aplicadas fueron preparadas utilizando un producto comercial a base de CaO (14,4% Ca) y las diferentes concentraciones fueron asperjadas cada 15 días sobre hojas o frutos, según correspondiera, con adición de surfactante a razón de 1 mL L⁻¹, hasta que se observó el

primer fruto en inicio de maduración (ligera coloración amarilla en el epicarpio), lo que ocurrió aproximadamente a los 5 meses después de iniciada la floración.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos, indicando concentración de calcio y formas de aplicación.

Concentración de Ca (%)	Forma de aplicación
0 (Testigo)	Ninguna
0,1	Foliar
0,1	Al fruto
0,2	Foliar
0,2	Al fruto
0,3	Foliar
0,3	Al fruto

Los tratamientos de aplicación foliar comenzaron al inicio de la floración (cuando se observaron los primeros botones florales) y en el caso de la aspersion a los frutos, desde el inicio de fructificación (cuando se observó en las flores la caída de sus pétalos, permaneciendo el ovario adherido al pedúnculo) lo que ocurrió cuatro semanas después de iniciar la aplicación foliar de calcio; de esta manera se realizaron 14 aplicaciones de calcio foliar y 10 al fruto. Los volúmenes de solución, variaron de acuerdo con la edad de la planta desde 83 hasta 133 ml por planta, aplicando con asperjadora de espalda. En el caso de la aplicación foliar no se cubrieron los frutos, ya que se buscó dar una recomendación práctica a los productores agrícolas; sin embargo, debido al gran tamaño de la lámina foliar, poca fue la cantidad de solución que cayó sobre los frutos en desarrollo.

La plantación se desarrolló a partir de semillas certificadas de ‘Carmen F1’, las cuales fueron sembradas en bandejas de 25 celdas con sustrato a base de turba; A partir de la segunda semana después de la emergencia, las plantas en vivero fueron fertilizadas junto con el agua de riego utilizando nitrato de amonio ($0,3 \text{ g L}^{-1}$) y fosfito de potasio ($0,2 \text{ mL L}^{-1}$) (0-30-20), cada dos días; también se les aplicó fertilizante a base de microelementos

(2 mL L⁻¹) una vez por semana a partir del primer mes. Cuando las plantas alcanzaron los 20 de altura, fueron llevadas a campo para su trasplante (8 semanas). Las distancias de plantación utilizadas fueron 1,8 m entre plantas y 3 m entre hileras y en cada punto se colocaron dos plantas hasta que ocurrió la floración, momento en el cual se dejó una sola planta por punto, aquella que presentó un mejor desarrollo.

La fertilización en campo fue realizada de forma edáfica y las dosis aplicadas fueron 200 g N, 150 g P₂O₅ y 300 g K₂O por planta, las cuales se aplicaron de manera fraccionada (10%, 15%, 25%, 25% y 25% en los meses 1, 3, 5, 7 y 9 después del trasplante, respectivamente). Estas dosis fueron establecidas de acuerdo a los aportes del suelo y los requerimientos del cultivo. Como fuentes de fertilizantes se utilizó urea (46-0-0), fosfato diamónico (18-46-00) y sulfato de potasio (0-0-50) hasta fructificación y luego cloruro de potasio (0-0-60). El riego se realizó por goteo, tres veces por semana.

En la Figura 1 se presentan las condiciones de clima ocurridas durante el desarrollo del experimento, específicamente temperatura, precipitación, humedad relativa y radiación; tal información fue obtenida en la Estación Climatológica del INIA-CENIAP ubicada a 10°17' LN y 67°36' LO.

Para el control de las malezas se utilizó glifosato entre las hileras y desmalezadora y control manual en las hileras de plantas. Para el control de enfermedades virales y ácaros se aplicó aceite blanco al (1 cc L⁻¹) y abamectina (0,5 cc L⁻¹); además se realizaron dos aplicaciones de los fungicidas carbendazim (Funcarb) (1,5 g L⁻¹) y difenoconazole (Score 25EC) (0,5 cc L⁻¹) al inicio de la formación de los frutos para el control de *Asperisporium caricae*.

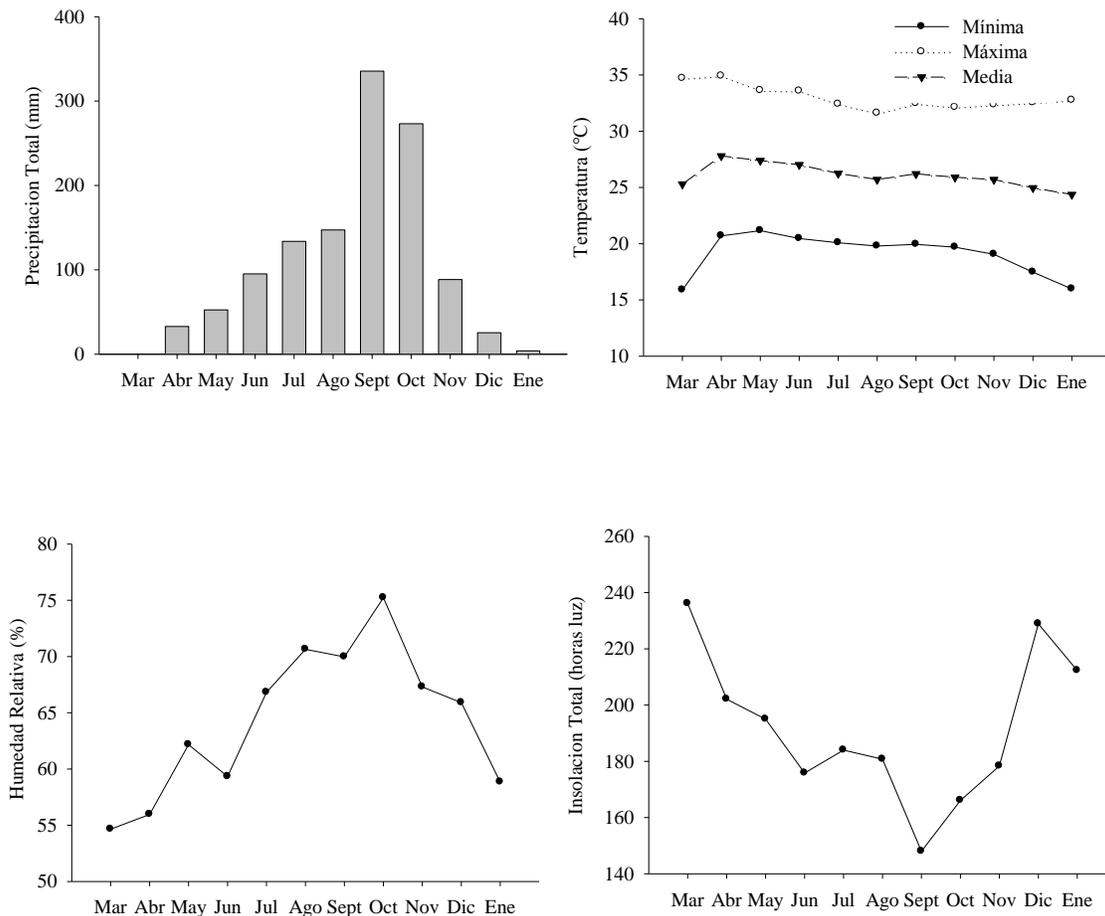


Figura 1. Condiciones climáticas que rigieron durante el desarrollo del experimento (mar/14 a ene/15). Fuente: Servicio Climatológico- Estación del INIA-CENIAP.

VARIABLES EVALUADAS:

Para la determinación de las variables, se cosecharon seis frutos por cada unidad experimental, cuando se observó una incipiente coloración amarilla en el epicarpio del fruto (madurez de cosecha); tres de estos frutos fueron evaluados en ese estado de maduración y los tres restantes se colocaron a temperatura de laboratorio ($28\pm 2^{\circ}\text{C}$), hasta que fueron adecuados para el consumo (madurez de consumo); esto último se determinó de manera subjetiva, haciendo una ligera presión con el dedo pulgar sobre el fruto para sentir el ablandamiento del mesocarpio.

1. Período entre madurez de cosecha y madurez de consumo (días). Se determinó el número de días transcurridos entre los dos grados de maduración.

2. Características físicas del fruto.

2.1 *Peso fresco y peso seco* (g fruto^{-1}). Los frutos recién cosechados se pesaron en estado fresco y luego se tomó una muestra (incluyendo semillas) que fue pesada y colocada en estufa a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta que alcanzó peso seco; con estos valores se estimó el peso seco total por fruto.

2.2 *Volumen* (mL). Se determinó según el principio de Arquímedes. Los frutos en madurez de cosecha fueron introducidos en un recipiente plástico con agua y se midió el volumen desplazado por el fruto sumergido. Esta medición fue realizada en madurez de cosecha.

2.3 *Gravedad específica* (g mL^{-1}). Se calculó dividiendo el peso fresco del fruto entre su volumen.

2.4 *Diámetro del fruto* (cm). Se evaluó en la zona ecuatorial de cada fruto, usando una cinta métrica. Se determinó en frutos recién cosechados

2.5 *Longitud del fruto* (cm). A los frutos antes indicados igualmente se les midió la distancia entre el ápice y la base del fruto utilizando una cinta métrica.

2.6 *Grosor del pericarpio* (mm). Los frutos fueron cortados en dos secciones y con un vernier se midió el grosor del pericarpio en la zona ecuatorial, a ambos lados del fruto.

2.7 *Firmeza* (mm de penetración). Se determinó en dos puntos de la zona ecuatorial de cada fruto entero (en lados opuestos) utilizando un penetrómetro Standard de Cono ELE-440. Se midió en madurez de cosecha y de consumo.

3. Características químicas del fruto. Estas determinaciones fueron realizadas en frutos en madurez de consumo, tomando muestras de la zona ecuatorial.

3.1 Clorofila a, b y total en el epicarpio (mg por 100 mg tejido fresco). Se utilizó la metodología de Hiscox e Israeltam (1979) usando los coeficientes de absorción específicas para las clorofilas *a* y *b* señaladas por Arnon (1949). Para ello se preparó una muestra compuesta de los tres frutos, separando cuidadosamente el epicarpio de la zona ecuatorial de cada fruto y de diferentes lados; se tomaron 70 mg de tejido cortado finamente y se colocaron en un tubo de ensayo de 20 mL con 7 mL de dimetil-sulfóxido (DMSO). Se dejó a temperatura de laboratorio, agitando con frecuencia, hasta que el tejido se observó libre del color verde. Seguidamente se tomó una alícuota del extracto líquido para leer la absorbancia a 645 y 663 nm en un equipo Spectronic 20 marca Genesys. El contenido de clorofila en g L^{-1} se calculó utilizando las siguientes fórmulas:

$$C_a = 0,0127 A_{663} - 0,00269 A_{645}$$

$$C_b = 0,0229 A_{645} - 0,00468 A_{663}$$

$$C_{total} = C_a + C_b$$

donde,

C_a , C_b y C_{total} = clorofilas *a*, *b* y *total*, respectivamente

A_{663} = absorbancia a 663 nm

A_{645} = absorbancia a 645 nm

Los valores en g L^{-1} fueron transformados a mg por 100 mg tejido fresco.

3.2 Carotenoides totales en epicarpio y mesocarpio (mg por 100 g tejido fresco). Se determinó según la metodología de Mc Collum (1953), modificada por Guadarrama (1984). Para ello se prepararon muestras compuestas de epicarpio y mesocarpio, de acuerdo al caso, las cuales fueron separadas cuidadosamente de la zona ecuatorial de cada fruto, tomándose tejido de lados opuestos; de cada muestra se tomó 1 g de tejido y se maceró en un mortero con 20 mL de hexano por 3 min. Luego se filtró con papel

Whatman No. 1 y se tomó una alícuota para medir la absorbancia a 470 nm en un equipo Spectronic 20 marca Genesys. La cantidad de carotenoides totales se calculó según la fórmula:

$$c = A/\alpha \cdot l$$

donde,

c = concentración de carotenoides totales en g L⁻¹

A = absorbancia

α = coeficiente de absorción específica (224 para carotenoides totales promedios)

l = dimensión de la cubeta (1 cm)

Los valores en g L⁻¹ fueron transformados a mg por 100 mg tejido fresco.

3.3 Sólidos solubles totales en el mesocarpio (°brix). Se maceró una muestra compuesta de mesocarpio y se tomaron dos gotas de jugo, las cuales se colocaron en un refractómetro de mano marca Atago para tomar la lectura en grados brix.

4. Actividad de la pectinmetilesterasa, poligalacturonasa y celulasa en el mesocarpio del fruto.

Para la extracción de estas enzimas hidrolasas, se tomaron 25 g de mesocarpio de frutos en madurez de cosecha y de consumo, las cuales fueron congeladas y posteriormente colocadas en 50 ml de NaCl al 10%; se homogenizó durante 1 min y luego el extracto fue centrifugado por 30 min a 15000 rpm en una centrifuga refrigerada Marca Sorvall. El sobrenadante fue filtrado y almacenado bajo refrigeración a 7 °C, aproximadamente por un mes, para el posterior análisis de las actividades de las diferentes enzimas

4.1. Actividad de la pectinmetilesterasa. Fue evaluada por el método espectrofotométrico de Hagerman y Austin (1986). La mezcla de reacción consistió de 2,5 ml de solución de pectina cítrica al 1% (p/v) disueltos en cloruro de sodio (0,2N), más dos gotas de azul de bromofenol y 0,75 mL del extracto enzimático. La reacción se llevó a cabo por una hora a temperatura de 30°C en baño térmico y se midió la absorbancia a 620 nm. La actividad de la

pectinmetilesterasa fue expresada como la variación de la absorbancia a 620 nm h⁻¹ a 30°C.

4.2 Actividad de la poligalacturonasa. Se determinó usando el método de Durbin y Lewis (1988). Para ello se utilizó una mezcla de reacción de 2,5 ml de ácido poligalacturónico al 0,2 % (p/v) más 0,75 ml de extracto enzimático. La mezcla de reacción se incubó a 30°C en baño térmico durante 1 hora. La actividad de la poligalacturonasa fue expresada como el porcentaje de pérdida de la viscosidad de la mezcla de reacción por hora.

4.3 Actividad de la celulasa. Se evaluó igual que la poligalacturonasa sustituyendo solamente el sustrato, el cual fue una solución de 2,5 ml de carboximetilcelulosa al 0,2% (p/v); la actividad fue expresada como el porcentaje de disminución de la viscosidad por una hora a 30°C.

5. Síntomas y severidad de enfermedades durante la poscosecha.

Se cosecharon tres frutos por unidad experimental y se colocaron a temperatura de laboratorio hasta su completa maduración, previo lavado con agua. Cada tres días se evaluaron los síntomas asociados con las principales enfermedades señaladas en la literatura determinándose el Índice Promedio de Severidad (IPS), el cual fue evaluado mediante escala visual (Cuadro 3) considerando el porcentaje del área afectada de la fruta hasta un valor igual o superior a 50% por considerar que a ese nivel la fruta no puede ser aprovechada.

Cuadro 3. Escala para evaluar la severidad de las enfermedades en los frutos (Navarro y Arauz, 1999).

IPS	% área afectada
0	0
1	1-10
2	11-20
3	21-30
4	31-40
5	41-50
6	>50

6. Niveles de Ca en hojas y frutos (%):

- *En hojas.* Cuatro meses después del momento de fijación de los frutos, se tomaron pecíolos de hojas recientemente maduras (tres por unidad experimental), los cuales fueron lavados con agua destilada, y luego de ser secados externamente, se colocarán en estufa a 70° C. Pasadas 48 h, las muestras fueron molidas y enviadas al Laboratorio General de Suelos de la Facultad de Agronomía de la UCV para la determinación de la concentración de Ca en el tejido.
- *En frutos.* Se tomaron muestras compuestas del pericarpio de los frutos en madurez de consumo (tres por cada unidad experimental), las cuales fueron secadas en estufa a 70°C hasta alcanzar peso seco; luego de molidas se colocaron en bolsas herméticas que fueron enviadas al Laboratorio General de Suelos de la Facultad de Agronomía de la UCV para la determinación de la concentración de Ca.

7. Análisis de los datos.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza propios del diseño utilizado, previa comprobación de los supuestos correspondientes, y se realizaron pruebas de rango múltiple de Waller-Duncan cuando se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos. El Índice Promedio de Severidad de las enfermedades en poscosecha se

analizó mediante pruebas de Friedman ($p \leq 0,05$) siguiendo las recomendaciones de Santos *et al.* (2005). Para el estudio de las relaciones entre las variables se realizaron análisis de correlación, utilizando el coeficiente de Pearson. Los análisis se realizaron usando el programa estadístico SAS v.6.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Período entre madurez de cosecha y madurez de consumo. Los resultados del análisis de la varianza (Anexo 1) indicaron que no hubo efecto de la aplicación precosecha de calcio sobre la duración del período entre madurez de cosecha y madurez de consumo, siendo valores muy cercanos al observado para el tratamiento testigo (Figura 2). Este periodo varió entre 4,3 y 6,0 días a temperatura ambiente ($28 \pm 2^\circ\text{C}$)

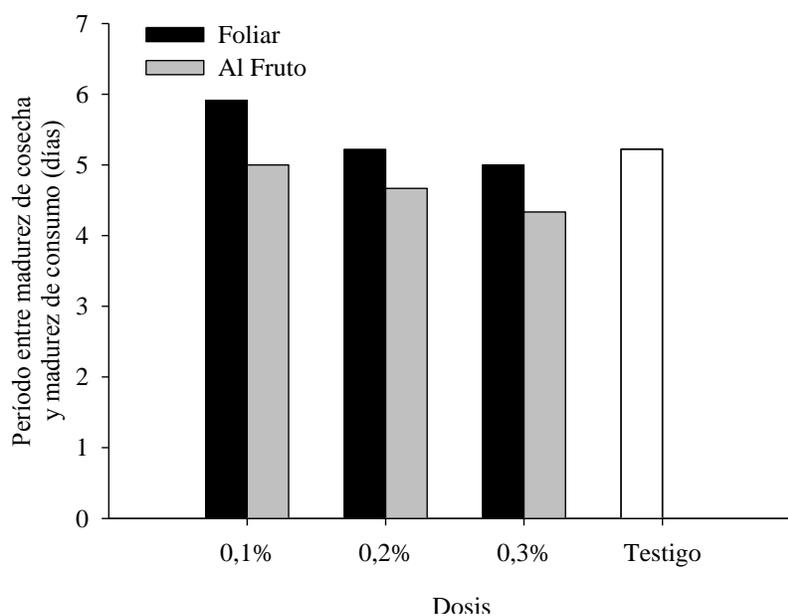


Figura 2. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre el período entre madurez de cosecha y madurez de consumo en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.

Diversos factores, como el lugar de producción, la variedad, el grado de madurez, entre otros, afectan la absorción de calcio y la respuesta del fruto a este nutriente. En este

sentido, Umuhoza y Habimana (2014) reportaron un retraso significativo en la maduración de frutos de mango cv. Totapuri, cuando los árboles fueron pulverizados 30 días antes de la cosecha con 1,50% de cloruro de calcio respecto al testigo y atribuyen esta respuesta al hecho de que las aplicaciones precosecha durante el desarrollo de los frutos más efectivas en comparación a las que se hacen de manera tardía, esto debido a que altos niveles de calcio en el fruto conducen a la reducción de las tasas de respiración y producción de etileno, retrasando así la maduración. Estos resultados son contrarios al encontrado en esta investigación, cuando se aplicó Ca al fruto durante su desarrollo. Sin embargo, Murillo y Chitarra (1999) han señalado que la baja movilidad del calcio en el floema y su baja translocación a partir del lugar de aplicación, puede hacer inefectivo el tratamiento *in situ*, lo que podría asociarse también a la falta de respuesta al aplicar este elemento de manera foliar

2. Características físicas del fruto

Las mayoría de las variables físicas evaluadas no fueron afectadas por la aplicación de calcio; solo se observaron diferencias estadísticas a un valor $p=0,0565$ en el caso de la firmeza de los frutos en madurez de cosecha (Anexos 2 al 5)

2.1 Peso fresco y peso seco. En la Figura 3 se observan los valores promedio obtenidos para el peso fresco y seco del fruto, indicando que estas variables no fueron afectadas por la aplicación de los diferentes tratamientos.

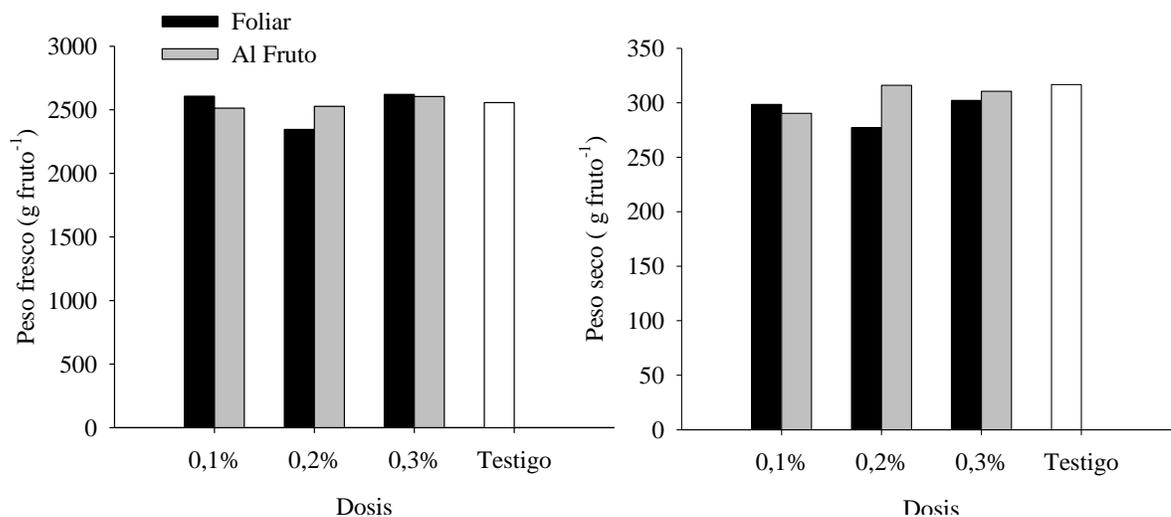


Figura 3. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre el peso fresco y seco en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.

Estos resultados concuerdan con los reportados por Uthaibutra *et al.* (1998) quienes encontraron que el peso de los frutos de mango 'NamDoeMai' no varió cuando fueron tratados en precosecha (4 semanas antes de la cosecha) y hasta la cosecha con cloruro de calcio, sulfato de calcio, nitrato de calcio y lactato de calcio al 2 y 4% p/v, realizando 3 aplicaciones a intervalos de 7 días. Así mismo, Bouzo y Cortez (2002), indicaron que las aplicaciones precosecha de calcio foliar en melón, tampoco incrementaron el peso fresco del fruto.

Contrario a estos resultados, Castellano *et al.* (2006) reportaron efectos significativos de la aplicación de este elemento sobre el peso fresco de frutos de guayaba, siendo el tratamiento combinado de nitrato de calcio y cloruro de calcio al 1,6%, el que arrojó el mayor valor respecto al testigo. Por su parte, Umuhoza y Habimana (2014) observaron en mango cv. Totapuri el mayor peso del fruto cuando los árboles se pulverizaron con cloruro de calcio al 1,50% 30 días antes de la cosecha, respecto al tratamiento control.

Las dosis utilizadas en este trabajo surgen de las recomendaciones dadas por la casa comercial para la aplicación del producto utilizado, las cuales indican 300 cc L⁻¹ de agua

como medida preventiva de deficiencias en mango, aguacate, naranja y limón. A pesar de que estas dosis resultaron bajas con relación a las utilizadas en otras investigaciones, como las antes indicadas, dosis superiores han arrojado resultados similares a los aquí reportados. Por otra parte, se ha señalado que el calcio está asociado principalmente con la estabilización y la rigidez de membranas y paredes celulares (Marschner, 1995), siendo otros nutrientes como el potasio y el nitrógeno los que más afectan el peso de los frutos.

2.2 Volumen y gravedad específica. En la Figura 4 se presentan los valores promedios de estas variables, sin manifestar un comportamiento definido en cuanto a los posibles efectos de la aplicación precosecha de calcio, igual a lo encontrado con el peso del fruto. Esta respuesta es contraria a la encontrada por Umuhoza y Habimana (2014), quienes observaron en mango cv. Totapuriun mayor volumen de fruto cuando los árboles se asperjaron con cloruro de calcio al 1,50%, 30 días antes de la cosecha. Con relación a la gravedad específica; Haq *et al.* (2013) indicaron que en diferentes cultivares de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) esta característica no fue afectada significativamente por los tratamientos de CaCl_2 al 1, 2 y 3% foliar; estos autores señalan que esta variable está relacionada con el tamaño de las células y los espacios intercelulares y ha sido utilizada como índice de madurez y de calidad en diversos frutos como albaricoque, fresa y tomate, entre otros. No se encontró información con relación a la aplicación de calcio a los frutos durante la precosecha y sus efectos sobre estas variables.

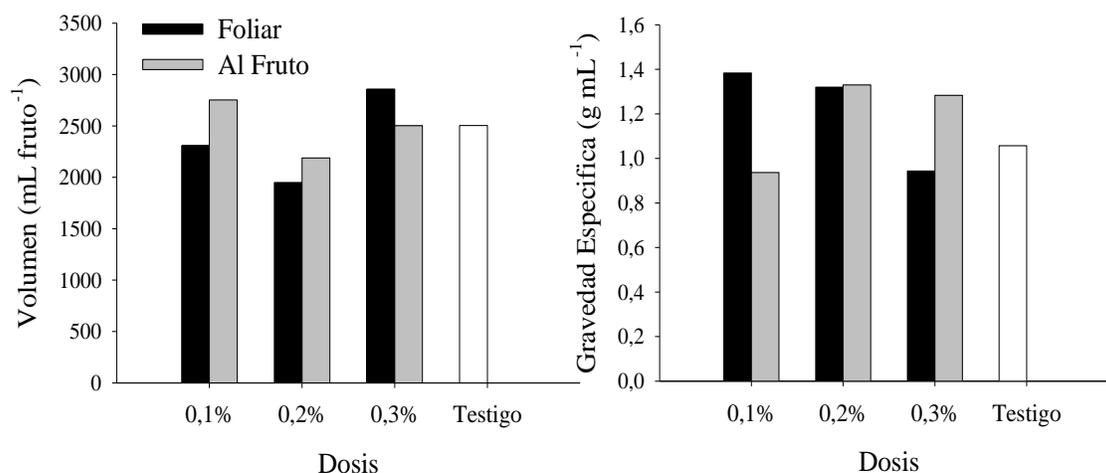


Figura 4. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre el volumen y gravedad específica en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.

2.3 Diámetro, longitud del fruto y grosor del pericarpio. En la Figura 5 se muestran los resultados obtenidos para estas variables; como se observa los valores también resultaron similares entre los tratamientos. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Lobos *et al.* (2011), quienes observaron diámetros muy similares al aplicar diferentes dosis y productos a base de calcio (nitrato de calcio, Carboxy Calcio, Defender calcio, Borocal, Folical y Metalosate calcio) en arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Elliot. Sin embargo, Umuhoza y Habimana (2014) señalaron que cloruro de calcio al 1,50% aplicado 30 días antes de la cosecha permitió obtener frutos de mayor diámetro y longitud al trabajar con mango cv. Totapuri; por el contrario, Podesta *et al.* (2001) reportaron menor diámetro de frutos de cerezo (*Prunus avium* L.) respecto al tratamiento control cuando se aplicó $(\text{NO}_3)_2\text{Ca}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$; ellos señalan que el tamaño del fruto se relaciona directamente con el tamaño de sus células individuales, el que a su vez está determinado por las propiedades mecánicas de la pared celular. Se sabe que el calcio afecta la rigidez de la pared celular, por lo cual podría alterar la capacidad de elongación celular y de esta forma el tamaño (Taiz y Zeiger, 2006).

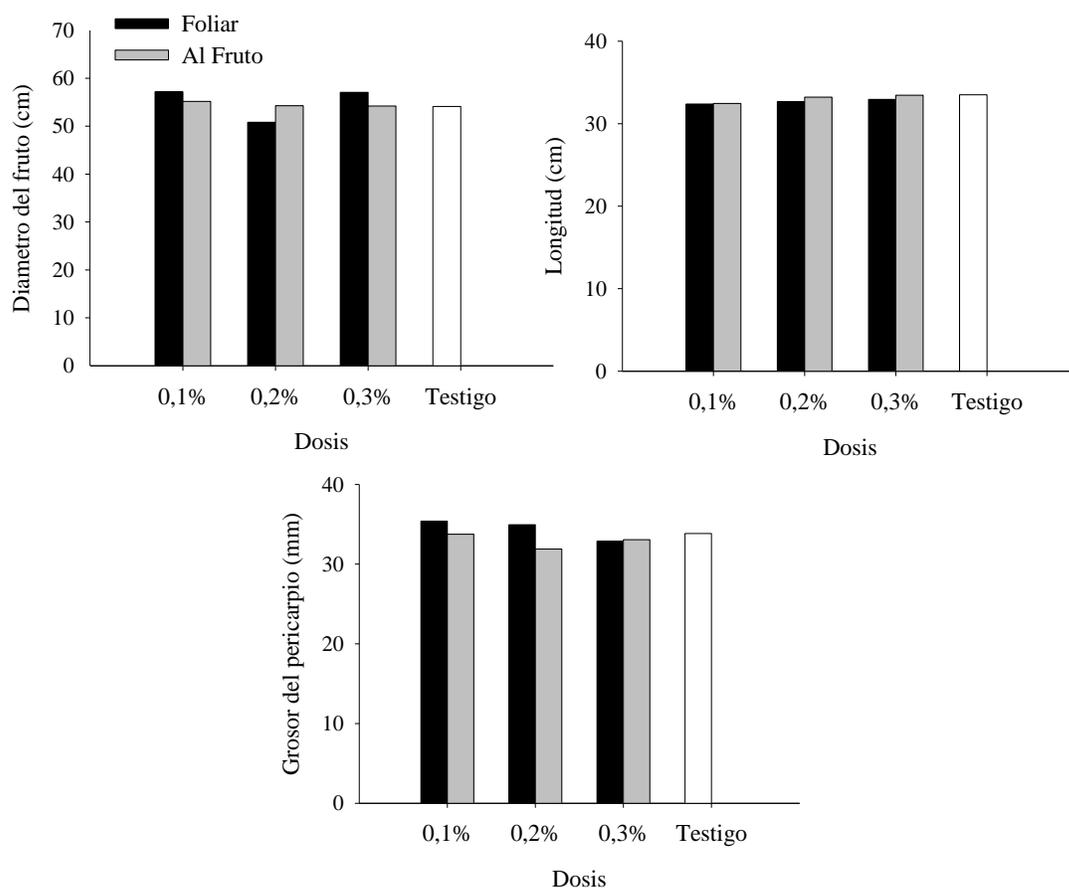


Figura 5. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre el diámetro, longitud del fruto y grosor del pericarpio en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.

Por otra parte, Castellano *et al.* (2005) indicaron que no hubo variación en cuanto al grosor de la cáscara de frutos de guayaba cuando se aplicó calcio en precosecha, tanto de manera foliar como edáfica.

2.4 Firmeza en madurez de cosecha y madurez de consumo. Como se indicó anteriormente, se consideró que hubo efecto de la aplicación precosecha de calcio sobre la firmeza en madurez de cosecha, ya que la significación alcanzó un valor muy cercano a $p=0,05$, mientras que para la firmeza en madurez de consumo no hubo diferencias significativas (Anexo 5). En la Figura 6 se muestran los valores promedio de estas variables, así como los resultados de la prueba de rango múltiple de Waller-Duncan ($p \leq 0,05$). Como puede observarse, en madurez de cosecha los frutos más firmes fueron

aquellos a los que se les aplicó directamente el calcio en dosis de 0,2 y 0,3 %, siendo los de menor firmeza los de plantas a las que se aplicó ese elemento de manera foliar a la mayor dosis (0,3%), pero con valores similares al resto de los tratamientos, incluyendo al testigo. En cuanto a la firmeza en madurez de consumo no hubo una respuesta clara y los valores mostraron una tendencia errática, sin manifestar un comportamiento definido en cuanto a los posibles efectos de la aplicación precosecha de calcio. Estos valores fueron mucho mayores que los obtenidos en madurez se cosecha, indicando el ablandamiento del fruto, producto de la maduración.

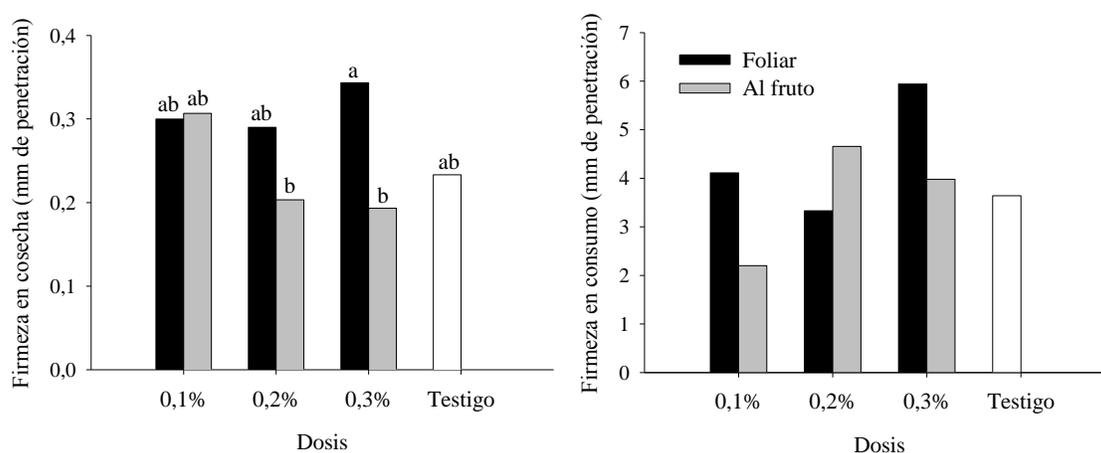


Figura 6. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre la firmeza en madurez de cosecha y consumo en frutos de lechosa ‘Carmen F1’. Letras diferentes entre las columnas indican diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos (Waller-Duncan $p \leq 0.05$).

En este sentido, Madani *et al.* (2014a) indicaron que la firmeza de la pulpa es el parámetro más importante en frutos de lechosa durante el almacenamiento y la comercialización, porque el ablandamiento se asocia con la senescencia y una mayor susceptibilidad de los frutos a lesiones durante la manipulación; ellos señalaron que frutos de papaya ‘Eksotika’ tratados con 1%, 1,5% y 2% de calcio en precosecha fueron más firmes que aquellos sin tratar.

De igual manera, Saborio *et al.* (2000) reportaron en lechosa ‘Criolla’, que la firmeza del epicarpio y mesocarpio fueron mayores cuando los frutos se trataron con cloruro de calcio al 1% y al aplicarlo en dosis de 4%, éstos fueron menos firmes con un valor ligeramente inferior al testigo; estos autores señalan que la concentración de 4% pudo causar algún efecto tóxico provocando daños físicos a nivel de las células de la cáscara y pulpa de los frutos o bien causó alteraciones a nivel fisiológico, que se reflejaron en la disminución del grado de ambas firmezas. Así mismo, Rajkumar *et al.* (2006), señalan que los frutos de papaya tratados con CaCl_2 y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ al 2%, presentaron mayor firmeza respecto al testigo, esto probablemente debido al calcio añadido que ayudó a mantener la integridad de la pared celular como consecuencia de la afluencia de calcio. Otros autores también reportan efectos positivos de la aplicación de calcio en el fruto sobre su firmeza; es el caso de Natale *et al.* (2005) en guayaba; Romero *et al.* (2006) en mango y Lobos *et al.* (2011) en arándanos; estos últimos investigadores señalan que las aplicaciones de calcio al fruto, deben iniciarse de manera temprana (desde la fijación del fruto) para garantizar una absorción máxima del nutriente y de esta manera lograr frutos más firmes.

Por otra parte, Amezquita *et al.* (2008) evaluaron el efecto de la aplicación precosecha de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) vía foliar en uchuva (*Physalis peruviana* L.) usando dosis de 0,5; 1,0 y 1,5 g L^{-1} , aplicadas a los 3, 10, 17 y 24 días después de la antesis; ellos encontraron que al realizar estas aplicaciones los frutos resultaron más firmes que el testigo y señalan que las aplicaciones de calcio exógenas son efectivas para reducir el ablandamiento en los frutos y por ende favorecer mayor firmeza de los mismos. Entre la múltiples funciones del calcio, se encuentra la de brindar estabilización de la pared y las membranas celulares mediante su interacción con el ácido péptico que está entre la pared celular y la lámina media. Esta reacción genera el pectato de calcio o pectinas, las cuales confieren estabilidad e integridad a la pared celular y, en general, a todos los tejidos de la planta (Salisbury y Ross, 1994) que a menudo son degradadas por la poligacturonasa generando una desintegración de la pared celular; Los puentes de Ca entre los ácidos pépticos o entre estos y otros polisacáridos dificultan el acceso y la acción de enzimas pectolíticas producidas por el fruto que causan el ablandamiento, y de las producidas por los hongos y las bacterias que causan el deterioro (Conway *et al.*, 1994).

Por el contrario, Siddiqui y Bangerth (1995) señalan que la aplicación de Ca durante el desarrollo de frutos de manzana no siempre conduce a frutos más firmes en el momento de la cosecha aun cuando puede resultar en una mejor retención de la firmeza durante el almacenamiento. Por su parte, Conway *et al.* (1994) sugieren que la aplicación directa de calcio a los órganos de almacenamiento puede ser el mejor método para aumentar el contenido de este nutriente en los frutos. En el caso de esta investigación, en la cual se realizaron aplicaciones durante todo el desarrollo del fruto de lechosa, evidenciándose una mayor firmeza en madurez de cosecha con las mayores dosis de Ca aplicadas al fruto.

3. Características químicas del fruto

Los análisis de la varianza indicaron que las aplicaciones de calcio no afectaron las características químicas de los frutos evaluadas en madurez de consumo. A continuación se presentan los resultados obtenidos (Anexos 6 al 8).

3.1 Clorofila *a*, *b* y total en el epicarpio. Los valores de clorofila obtenidos se muestran en la Figura 7. Como puede observarse, la aplicación de calcio no afectó el contenido de clorofila, lo cual también fue señalado por Danieli *et al.* (2002) en frutos de *Diospyros kaki*; estos autores no encontraron efecto significativo de la aplicación foliar de cloruro de calcio al 1% sobre el contenido de este pigmento, respecto al tratamiento control; así mismo, Werner *et al.* (2009) reportaron disminución del contenido de clorofila *a* y *b* en frutos de guayaba asociada a la madurez, independientemente de los diferentes tratamientos poscosecha con cloruro de calcio al 1, 2 y 3%

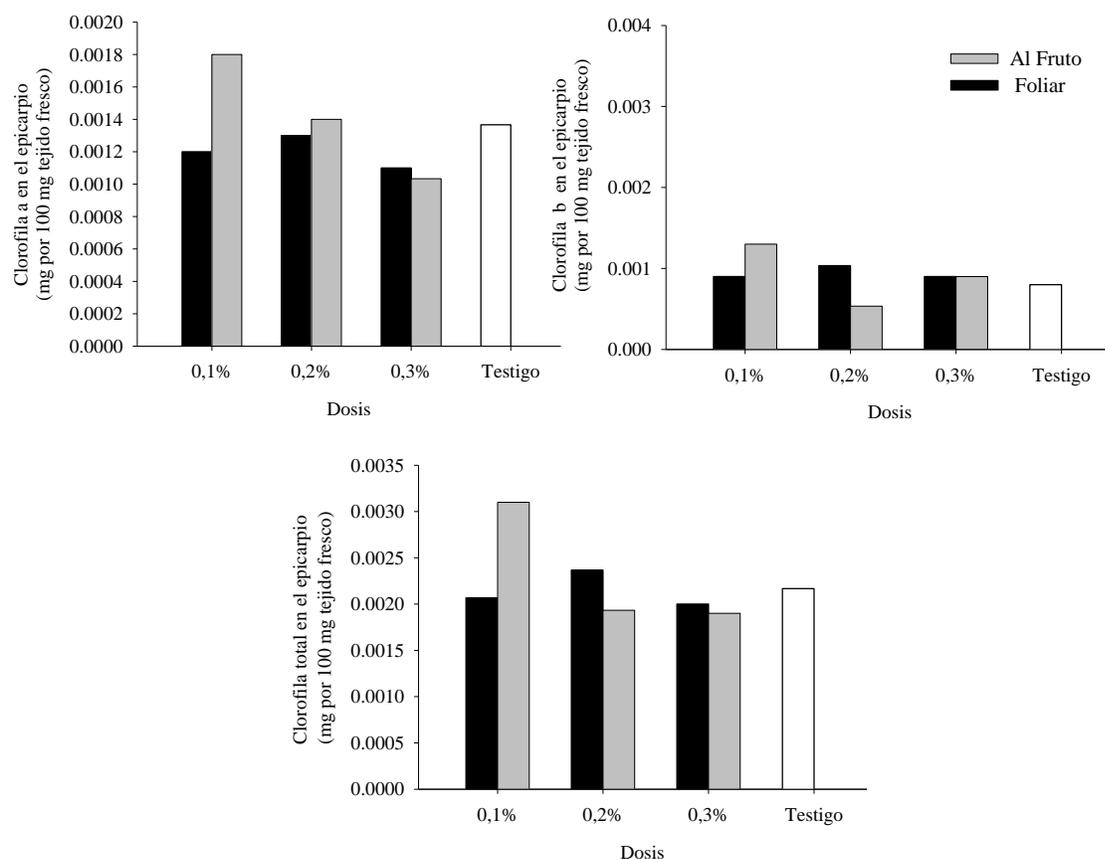


Figura 7. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre la clorofila *a*, *b* y total en el epicarpio en lechosa ‘Carmen F1’.

3.2 Carotenoides totales en el epicarpio y el mesocarpio. En la Figura 8 se presentan los valores de carotenoides en el epicarpio y mesocarpio, los cuales fueron estadísticamente similares, aun cuando presentan variaciones entre 3,70 y 4,84 mg por 100 gramos de tejido fresco en el epicarpio y entre 3,14 y 5,72 mg por 100 gramos de tejido fresco en el mesocarpio. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Álvarez (2014), quien señaló que dosis de calcio aplicadas a las plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.), no influyeron de forma significativa en la concentración de carotenoides totales de los frutos.

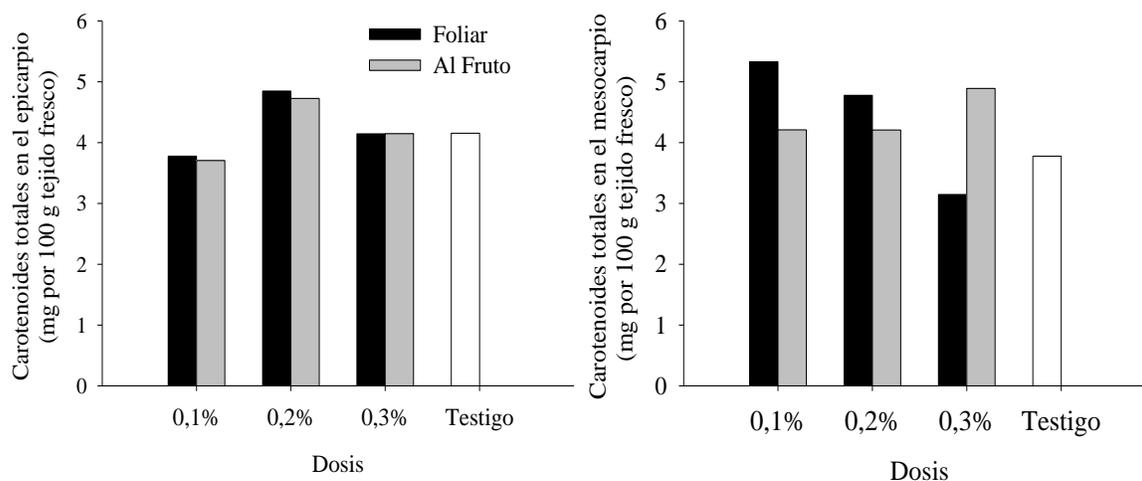


Figura 8. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre los carotenoides totales en el epicarpio y el mesocarpio en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.

No se encontraron más reportes de los efectos de la aplicación de este elemento sobre el contenido de carotenoides en frutos, sin embargo, Singh *et al.* (2012) evaluaron en zanahoria el efecto del calcio, aplicado como como enmienda, sobre el contenido de carotenoides totales y tampoco encontraron diferencias significativas, por lo cual afirman que la presencia de calcio activa rutas que no inhiben la biosíntesis o el incremento del catabolismo de los carotenos en la planta; además indican, que al parecer los mayores niveles de carotenoides, es resultado de la planta como respuesta a ciertos estreses.

Como puede observarse, el contenido de carotenoides en el epicarpio de frutos en madurez de consumo, tal como fue evaluado en esta investigación, fue mayor respecto al contenido de clorofila en el epicarpio, lo cual está asociado al proceso de maduración, donde ocurren cambios importantes de color en el fruto que se relacionan con la degradación de la clorofila y la síntesis de carotenoides; estos últimos son compuestos estables que permanecen intactos en el tejido, aun cuando haya ocurrido senescencia avanzada (Flores, 1994).

3.3 Sólidos solubles totales. En la Figura 9 se presentan los resultados con relación a esta variable, observándose valores similares entre los tratamientos, lo que concuerda con Lobos *et al.* (2011), quienes no encontraron diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles en frutos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Elliot. al realizar aspersiones foliares de calcio y compararlas con el tratamiento sin aplicación de este nutriente. Los valores de SST variaron entre 8,56 y 9,84.

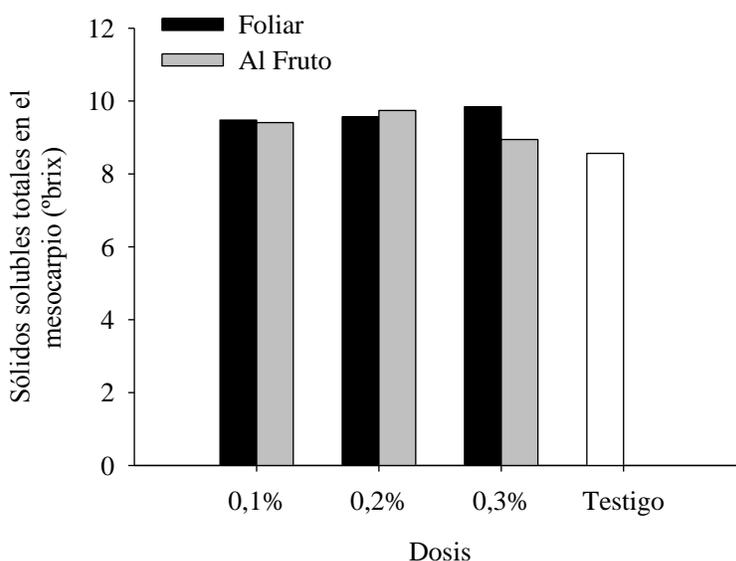


Figura 9. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre los Sólidos solubles totales en el mesocarpio en lechosa ‘Carmen F1’.

Sin embargo, Madani *et al.* (2014a) indicaron que la aplicación de calcio afectó de manera significativa la concentración de sólidos solubles totales en papaya ‘Eksotika II’, reportando para el testigo valores de 10,7° brix, y 4,3 y 4,2° brix, cuando se hicieron aplicaciones de 1,5 y 2% de cloruro de calcio respectivamente; ellos infieren que el calcio hace más lento el proceso de respiración y por tanto el cambio de carbohidratos a azúcares más simples.

Las variables físicas del fruto como el peso fresco, seco, diámetro, longitud y grosor del pericarpio, resultaron similares entre todos los tratamientos; mientras que el volumen y la gravedad específica del fruto variaron entre 1950 y 2858 ml; 0,93 g mL⁻¹ y 1,98,

respectivamente. Los frutos más firmes resultaron aquellos a los que se les aplicó directamente el calcio al 0,2 y 0,3% en madurez de cosecha, se evidenció una menor firmeza en los frutos en madurez de consumo, indicando el ablandamiento del fruto, producto de la maduración. Las variables químicas del fruto no fueron afectadas por las aplicaciones de calcio.

4. Actividad de la pectinmetilesterasa, poligalacturonasa y celulasa en el mesocarpio del fruto.

Los resultados de los análisis de la varianza detectaron diferencias significativas entre los tratamientos para la actividad de la pectinmetilesterasa (PME) en madurez de cosecha, pero no en madurez de consumo (Anexo 9); por otra parte, se consideró que hubo también efecto de la aplicación precosecha de calcio sobre la actividad de la poligalacturonasa (PG) solo en madurez de cosecha, ya que el nivel de significación alcanzó un valor muy cercano a $p=0,05$ (Anexo 10), Respecto a la enzima celulasa (CEL) no hubo efecto de la aplicación precosecha de calcio tanto en madurez de cosecha como de consumo (Anexo 11).

En madurez de cosecha se encontró que la PME tuvo menor actividad con respecto al testigo en todos los tratamientos con Ca, siendo esto más notable en aquellos tratamientos donde se aplicó este elemento de forma foliar al 0,1% y en todas las concentraciones aplicadas al fruto (Figura 10). En madurez de consumo los valores fueron similares.

En líneas generales, se observa una mayor actividad de la pectinmetilesterasa en madurez de cosecha respecto a la madurez en consumo. Al respecto, Paull y Chen (1983) indicaron que esto ocurre debido a que la PME sirve solamente para causar desmetilación parcial para luego permitir la actividad de la poligalacturonasa. Resultados similares fueron reportados por Aponte y Guadarrama (2003) en parchita, quienes constataron que la actividad de la PME tiende a aumentar hacia la madurez de cosecha, pero disminuye de forma gradual en los estados maduro y sobremaduro; ellos destacan que en madurez de cosecha es donde se concentra la mayor actividad de esta enzima para este fruto.

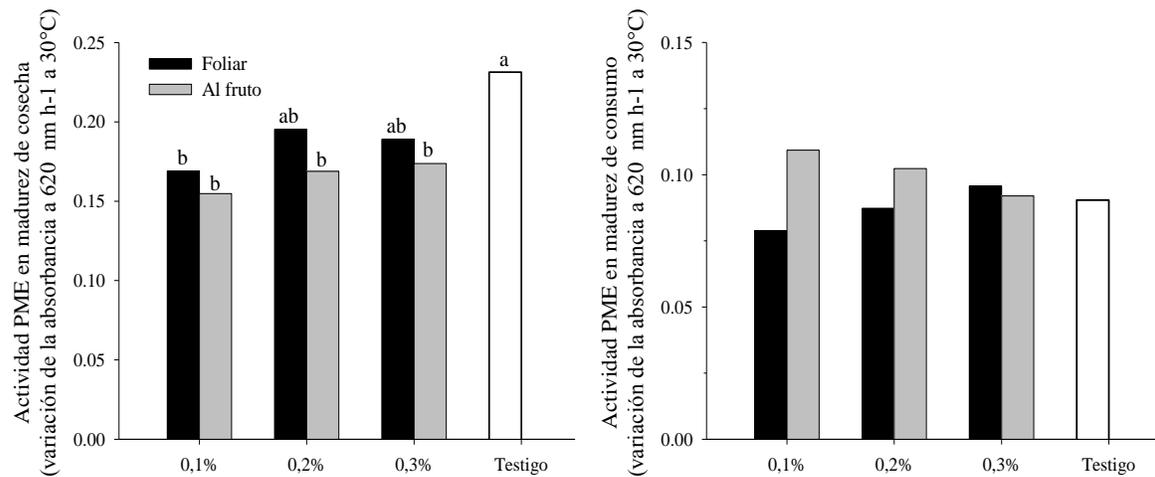


Figura 10. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre la actividad de la pectinmetilesterasa (PME) en madurez de cosecha y consumo (Δ Abs 660 nm/h a 30°C) en lechosa ‘Carmen F1’. Letras diferentes entre las columnas indican diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos (Waller-Duncan $p \leq 0.05$)

La PME ha sido purificada y caracterizada a partir de varias plantas y frutos, como tomates, naranjas, lechosas, manzanas y toronjas de pulpa blanca y se ha establecido que la pectinmetilesterasa de varias fuentes tiene características diferentes, en lo que se refiere a peso molecular, actividad específica y otras; igualmente se señala que frutos de diferentes variedades de una misma especie inclusive, tienen pectinmetilesterasa con características diferentes (Fayyaz *et al.*, 1994).

En el caso de la PG (Figura 11), hubo diferencias significativas entre los tratamientos en madurez de cosecha, detectándose una menor actividad solo cuando se aplicó calcio de manera foliar al 0,1%; en los demás tratamientos los valores fueron superiores y similares. Con relación a los resultados para madurez de consumo no hubo diferencias entre los tratamientos, sin embargo, se observó una marcada disminución de esta enzima respecto a la madurez de cosecha. Esta enzima presenta su mayor actividad cuando incrementa la respiración tal como lo ha indicado Paull y Chen (1983) en frutos de lechosa cv. Sunrise; estos autores indican que luego de la fase preclimática la actividad de la PG aumenta

para luego disminuir pero también reportan un segundo pico más pequeño a los 10 días después de la cosecha. En esta investigación la cosecha se realizó cuando el fruto mostró una incipiente coloración amarilla, la cual puede asociarse al pico climatérico de acuerdo a lo señalado por Selvaraj *et al.* (1982), quienes evaluaron el patrón de desarrollo de cinco cultivares de lechosa y observaron el pico climatérico cuando el epicarpio del fruto comenzó a tornarse de color amarillo. En otras especies el comportamiento puede variar, es el caso de los frutos de aguacate cv. Fuerte, en los cuales Awada y Young (1979) encontraron que la actividad de la PG no fue detectable en la etapa preclimatérica pero aumentó durante el climaterio; sin embargo continuó aumentando en fase postclimatérica.

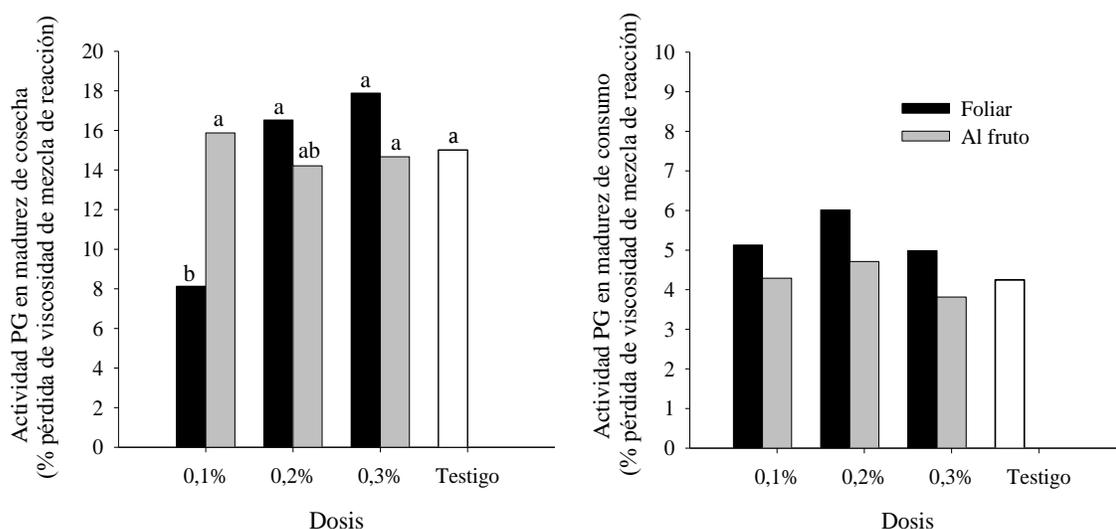


Figura 11. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre la actividad de la poligalacturonasa (PG) en madurez de cosecha y consumo (% de pérdida de la viscosidad de la mezcla de reacción) en lechosa ‘Carmen F1’. Letras diferentes entre las columnas indican diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos (Waller-Duncan $p \leq 0,05$)

Por otra parte, la celulasa (Figura 12) no fue afectada por los tratamientos y tuvo un comportamiento similar a la poligalacturonasa al comprar su actividad en madurez de consumo y cosecha, observándose una disminución de esta enzima con el avance en el grado de maduración. La celulasa juega un papel menor en el ablandamiento de los

tomates, melocotones y peras, pero es importante en el caso de aguacate; sin embargo, de acuerdo a lo señalado por Paull y Chen (1983), en el caso de lechosa, tal actividad no se correlaciona con el ablandamiento del fruto.

Con relación a los efectos del calcio sobre la actividad de estas enzimas Madani *et al.* (2014a) indicaron que los frutos de papaya ‘Eksotika’ tratados con cloruro de calcio al 1,5 y 2 % en precosecha tuvieron una menor actividad de la PG y PME durante el almacenamiento y resultados microscópicos confirmaron que la laminilla media de la pared celular se mantuvo más intacta en los frutos tratados con cloruro de calcio; de igual forma, Ramos *et al.* (2004) indicaron una disminución de la actividad enzimática de la PME y PG en frutos de guayaba tratados en poscosecha con inmersión con cloruro de calcio ($1\text{ g } 100\text{ mL}^{-1}$) respecto al tratamiento control, reportando que la actividad de la PG disminuyó con el tiempo de almacenamiento señalando que esto pudo haber ocurrido por la presencia de otras enzimas responsables de la solubilización de las pectinas del fruto. Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan solo en el caso de la PME ya que la actividad de esta enzima fue menor cuando se aplicó calcio tanto por vía foliar como dirigida al fruto. Con relación a la PG los resultados resultaron contradictorios y erráticos a pesar de las diferencias significativas encontradas entre los tratamientos.

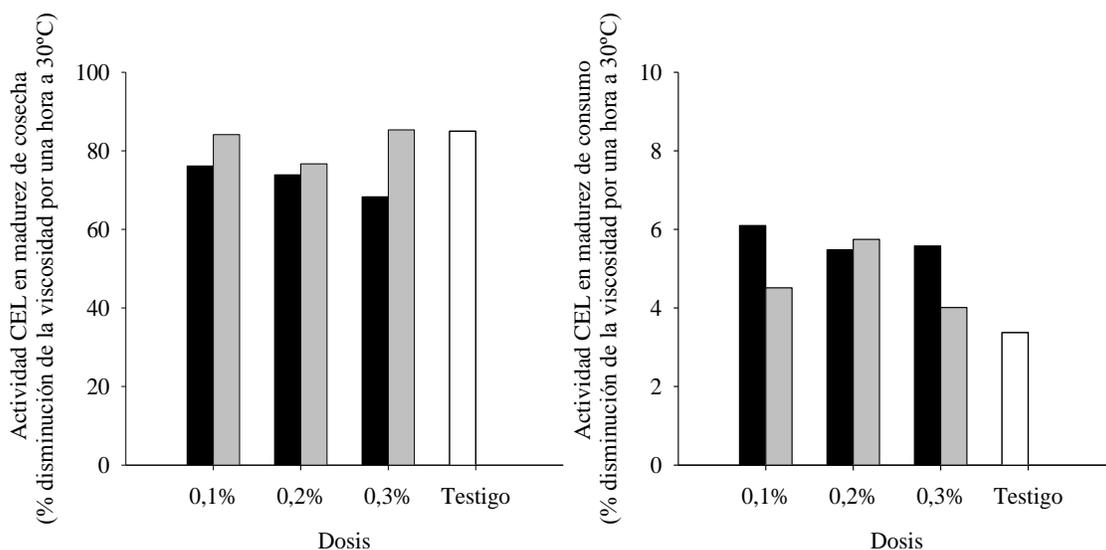


Figura 12. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre la actividad de la celulasa (CEL) en madurez de cosecha y consumo (% de pérdida de disminución de la viscosidad por una hora a 30°) en lechosa ‘Carmen F1’.

5. Síntomas y severidad de enfermedades durante la poscosecha.

Los resultados de la prueba de Friedman (Anexo 12) para el índice promedio de severidad (IPS) para hongos, en general indicaron que solo hubo efecto significativo de la aplicación de calcio a los 9 y 12 días después de la cosecha (Cuadro 4).

Cuadro 4. Índice Promedio de Severidad por hongos durante la poscosecha, en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.

Aplicación/Dosis	3días	6días	9días	12días	15días
Foliar 0,1%	1,12	2,75	4,75 ab	4,87 a	5,00
Foliar 0,2%	1,11	4,00	5,00 a	5,00 a	5,00
Foliar 0,3%	1,00	2,87	4,50 ab	5,00 a	5,00
Al Fruto 0,1%	1,16	2,50	4,16 bc	4,66 ab	4,66
Al Fruto 0,2%	1,11	3,44	4,88 a	5,00 a	5,00
Al Fruto 0,3%	0,55	2,11	3,44 c	4,55 b	5,00
Testigo	1,00	3,25	4,75 ab	5,00 a	4,66

Letras diferentes entre las columnas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (prueba de rangos de medias $p \leq 0.05$)

A los tres días de almacenamiento, el IPS relacionada a hongos estuvo entre 0,55 y 1,16, sin observarse diferencias significativas entre los tratamientos; de igual manera, a los seis días el valor varió entre 2,11 y 4,00; en ambos casos el menor IPS se observó en el tratamiento de aplicación de calcio al fruto en dosis de 0,3%. A los 9 y 12 las diferencias entre los tratamientos fueron estadísticamente significativas, manifestándose el menor IPS en el tratamiento con aplicación de calcio al fruto en dosis de 0,3% al fruto. A los 12 días varios tratamientos habían alcanzado 5 en la escala del IPS, siendo el tratamiento con aplicación al fruto de 0,3% igualmente el menos afectado. A los 15 días el comportamiento fue similar entre los tratamientos. En líneas generales se observa que el tratamiento de aplicación de calcio al 0,3% al fruto tuvo la menor área afectada del fruto por hongos durante la poscosecha respecto al testigo.

En este sentido, Madani *et al.* (2014b), reportaron que las aplicaciones precosecha de cloruro de calcio en papaya al 1,5 y 2,0% redujo significativamente la incidencia de antracnosis en frutos durante cinco semanas de almacenamiento en cajas comerciales a 12 °C con una humedad relativa entre 80 y 90%, encontrando un retraso en el inicio de síntomas por cuatro semanas. Los efectos del calcio en la reducción de esporas son

probablemente debido a la toxicidad, los cuales pudieran afectar el equilibrio osmótico en las células fúngicas (Boumaaza, *et al.*, 2015). El mecanismo o mecanismos por los que el calcio inhibe el crecimiento del tubo germinal no se han descrito. Una hipótesis es que altas concentraciones de calcio extracelular puede aumentar el calcio en el citosol a niveles tóxicos resultando en el desarrollo reducido del patógeno (Droby *et al.*, 1997).

Los efectos indirectos de calcio en la interacción huésped/patógeno también puede ser expresada en el nivel de integridad de la pared de la célula huésped (Biggs *et al.*, 1999); Además, se ha demostrado que una mayor concentración de calcio citosólico puede inducir mecanismos de resistencia endógenos, a través de la síntesis de fitoalexinas y compuestos fenólicos que disminuyen la actividad de enzimas pectolíticas del patógeno (Miceli *et al.*, 1999).

Es importante señalar que los hongos encontrados en esta investigación fueron *Colletotrichum gloesporioides*, *Colletotrichum truncatum*, *Fusarium sp.*, *Cladosporium cladosporioides*, *Aspergillus sp.* y *Lasiodiplodia theobromae*, siendo más frecuentes los síntomas debidos a antracnosis causada por *Colletotrichum gloesporioides* (Figura 13), donde los frutos presentaron manchas acuosas hundidas de color rosa-salmón de las cuales se observaron conidios rectos, alargados, con ambos extremos redondeados (Figura 13).

Con relación a *Colletotrichum gloesporioides*, Saborio *et al.* (2000) indicaron que la aplicación pre cosecha de cloruro de calcio no tuvo un efecto en disminuir la severidad del daño causado por este hongo en frutos de papaya, ya que probablemente las condiciones ambientales que se presentaron en cuanto a precipitación y humedad relativa altas fueron las óptimas para favorecer las etapas infectivas del hongo y desarrollo del estado latente reportando más de 90 % de incidencia de la enfermedad tanto para los tratamientos de aplicación de calcio como para el testigo.

Otro síntoma de daño fue el ocasionado por *Colletotrichum truncatum*, observándose manchas redondas hundidas de color negro; los conidios de este hongo fueron fusiformes con ambos extremos agudos. Es necesario destacar también se observaron los hongos *Fusarium sp.*, *Cladosporium cladosporioides* y *Aspergillus sp.*, los cuales se desarrollaron

como patógenos secundarios creciendo sobre lesiones de otros hongos, por lo cual se infiere que estos pudieran ser hongos saprófitos. En los frutos que presentaron *Cladosporium*, se observó una felpa aterciopelada verde oliváceo sobre la superficie de las cuales se observaron conidios en cadenas acrópetas de forma elipsoidal y de extremos redondeados. Con relación a *Fusarium* sp., el síntoma fue una felpa de color blanco; sus conidios presentaron forma de media luna, hialinos y septados. Por su parte, *Aspergillus* sp. desarrolló moho de color verde y los conidios fueron unicelulares, redondos, formando cadenas largas que no se ramifican y permanecen unidos.

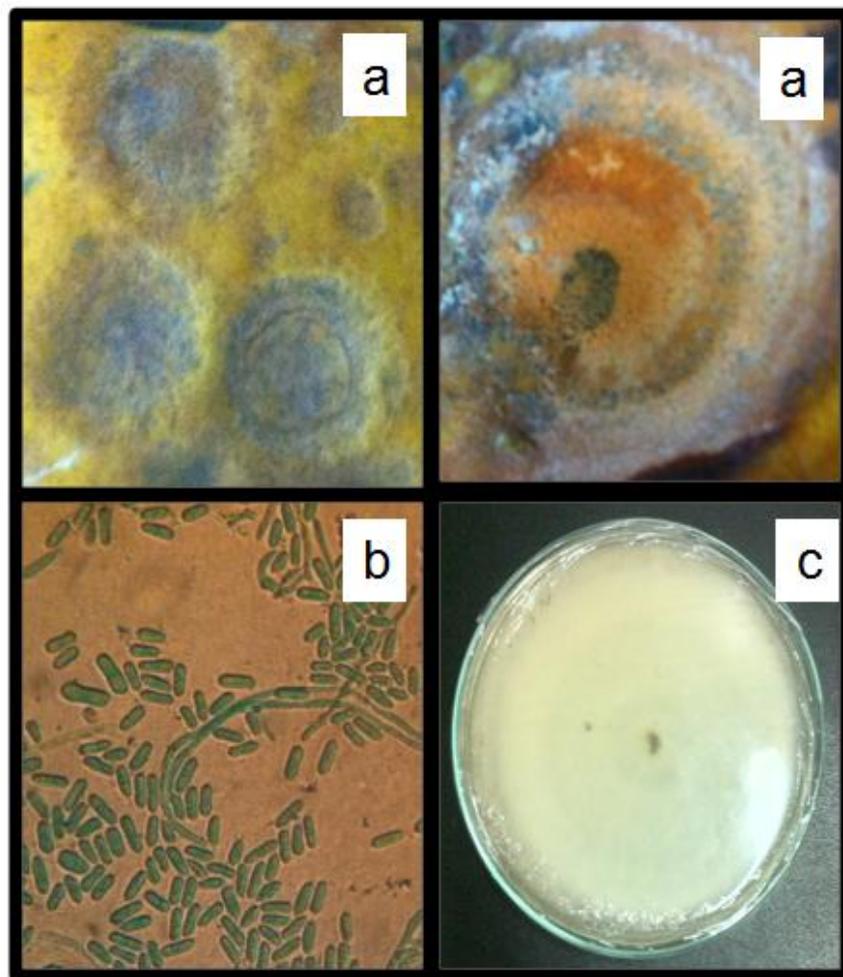


Figura 13. Síntomas de antracnosis en frutos de lechosa ‘Carmen F1’, crecimiento en PDA y forma de conidios de los aislamientos identificados como *C. gloeosporioides* (a,b y c)

Por otra parte, *Lasiodiplodia theobromae*, se observó en pocos frutos causando una pudrición de la superficie con micelio gris que se fue tornando negro; los conidios fueron de forma elipsoide, inicialmente unicelulares y a la madurez se tornaron unitabizados y de color castaño oscuro, la pared es delgada con estrías longitudinales en la superficie.

6. Niveles de calcio en hojas y frutos.

Al igual que para la mayoría de las variables discutidas, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas para los niveles de calcio en los pecíolos de las hojas y en los frutos de lechosa (Anexo 13). En la Figura 14 se presentan los valores promedios de estas variables.

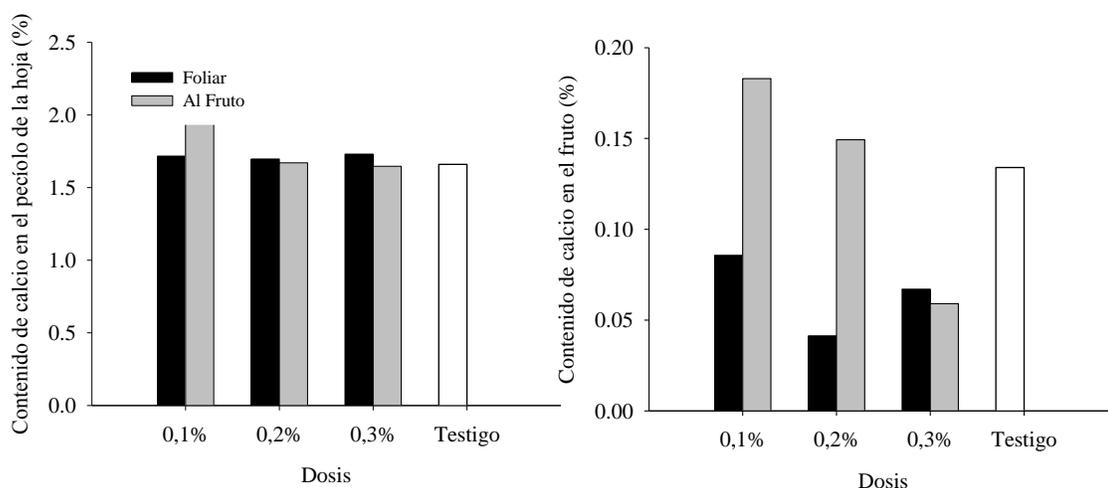


Figura 14. Efecto de la dosis y forma de aplicación de calcio sobre el contenido de calcio en la hoja y en el fruto de lechosa ‘Carmen F1’.

El contenido de calcio en el peciolo se mantuvo dentro de los límites óptimos señalados por Jones *et al.* (1991), indicando que las plantas de todos los tratamientos incluyendo las del testigo presentaron valores adecuados para el buen desarrollo del cultivo. Por otra parte, el contenido de calcio en el fruto fue menor respecto a los señalados por Nwofia *et al.* (2012) quienes indicaron valores comprendidos entre 2,1 y 3,4 % en el mesocarpio de frutos de lechosa. De igual forma Bari *et al.* (2006) indicaron contenidos de calcio en

frutos maduros entre 2,8 y 3,1%. Por su parte, Rivas (2001) reportó que el contenido de calcio promedio en el pericarpio de frutos de lechosa de los genotipos Costa Rica y Cartagena Roja fue de 0,64%. Todos estos valores resultaron superiores a los encontrados en esta investigación. Al respecto, Holland *et al.* (1975) señalan que los resultados de los análisis de Ca pueden variar considerablemente, si no se toman en cuenta algunos aspectos de manera adecuada, tales como la acumulación, localización y forma del Ca en el fruto. De igual manera indica que se han encontrado diferencias sustanciales en los resultados de los análisis de calcio realizados en diferentes laboratorios y que estas diferencias surgen tanto de la preparación de la muestra (incluyendo remoción o no de semillas) como de la fase analítica.

Por otra parte, los resultados indicaron un menor contenido de calcio en el fruto respecto a la hoja, lo cual era de esperar, debido a que un incremento en el contenido de Ca de las hojas, no necesariamente conduce a un aumento del calcio en órganos de baja transpiración tales como frutos carnosos suplidos fundamentalmente vía floema. Las plantas han desarrollado mecanismos para restringir el transporte de Ca a estos órganos, manteniendo bajas concentraciones de Ca en la savia del floema. Se señala que la dilución del contenido de Ca en el tejido debido al crecimiento, es una forma de mantener el nivel de Ca bajo, lo cual es necesario en frutos para una rápida expansión celular y una alta permeabilidad de las membranas (Marschner, 1995).

Como se señaló, las aplicaciones de calcio tanto foliar como al fruto no tuvieron efecto estadísticamente significativo sobre el contenido de este elemento. Estos resultados podrían indicar que algún factor afectó la absorción del calcio aplicado vía foliar o dirigida al fruto, como sería el caso de las condiciones ambientales durante el período de aplicación de este elemento. En este sentido, Qiu *et al.* (1995) señaló que las aspersiones con calcio en lechosa no aumentaron las concentraciones de este elemento en el mesocarpio de la fruta.

Por otro lado, Gaštol y Domagała (2006) señalaron que frutos de pera provenientes de plantas a las cuales se aplicó CaCl_2 al 0,5% vía foliar tuvieron mayor contenido de calcio

en la cáscara respecto al tratamiento control, indicando que la forma más fácil para maximizar el nivel de calcio en el fruto es mediante aspersión foliar. Sin embargo, en muchos casos, esto es muy difícil de conseguir debido a la absorción y penetración restringida del calcio en el fruto y su movimiento dentro de tejido del mismo (Mengel, 2002). La distribución de un nutriente dentro de la hoja y su translocación fuera de la hoja depende de la movilidad del nutriente en el floema y el xilema; los nutrientes con una restringida movilidad en el floema como es el caso del Ca, se distribuyen en la hoja principalmente en forma acrópeta, sin que exista una considerable translocación del nutriente fuera de la hoja. La movilidad del Ca dentro de la planta depende de diversos factores entre los cuales destaca la tasa transpiratoria de la planta (Romheld y El-Fouly, 2002).

Los factores ambientales, la presencia de estomas y superficies irregulares tales como grietas y diferencias genéticas en los cultivares pueden afectar la absorción de calcio en frutas (Saure, 2005). Ernani *et al.* (2008) reportaron que no hubo variación en el contenido de calcio en manzanas tratadas con calcio precosecha respecto al testigo, manteniendo valores similares entre sí; por el contrario, Saborio *et al.* (2000) observaron que la aplicación de una mayor dosis de calcio, aumentó la concentración de Ca de la cáscara en frutos de lechosa. Por su parte, Valero y Serrano (2010) indicaron que las aplicaciones de calcio precosecha incrementaron la concentración de Ca en los frutos.

En esta investigación, los contenidos de calcio en los frutos resultaron muy variables desde a 0,05 a 0,18 %, sin evidenciar una clara tendencia. Esto ha sido señalado por Bouzo y Cortez (2012), quienes al medir la concentración de calcio en melón observaron valores muy variables entre los tratamientos con aplicación de calcio, no encontrando una tendencia evidente entre los tratamientos con calcio en comparación con el control, en diferentes localidades de Argentina; los autores también señalan que los resultados probablemente indican un efecto indirecto del ambiente en la menor incorporación de calcio al fruto, principalmente en la pulpa, ya que en una de las localidades donde hubo baja humedad relativa del aire y mayor velocidad del viento, pueden haber ocurrido un aumento de la tasa de transpiración del cultivo, por lo cual la translocación de calcio a la

fruta se vio afectada debido por la presión parcial del vapor de agua atmosférico y por la relación hoja: fruto, además del tamaño de los frutos.

Por su parte, White y Broadley (2003) indican que diferentes condiciones pueden afectar la absorción de calcio entre ellos una inadecuada distribución del Ca hacia los órganos de baja tasa transpiratoria o alta tasa de desarrollo, pobre conexión xilemática, alta tasa transpiratoria de la planta y una baja presión radical.

Una de las causas del poco efecto del calcio sobre las variables estudiadas, podría atribuirse a las condiciones de clima que imperaron durante la aplicación de los tratamientos. En la Figura 15 se presentan los eventos de precipitación ocurridos en ese período así como los días de aplicación de los tratamientos.

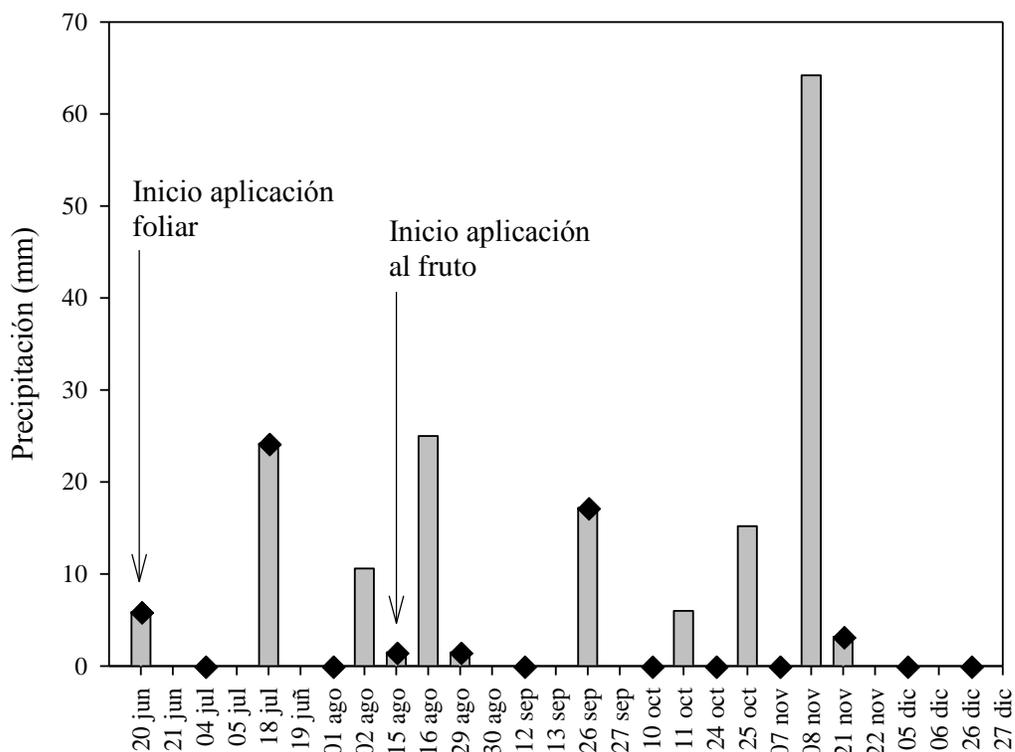


Figura 15. Ocurrencia de eventos de precipitación y días de aplicación de los tratamientos de calcio (el símbolo ◆ hace referencia a las fechas de aplicación del calcio).

En total se realizaron 14 aplicaciones de calcio foliar y 10 al fruto, ocurriendo precipitación el día de la aplicación o el día posterior a esta en 10 oportunidades, lo cual pudo tener una repercusión sobre la absorción de calcio, por lavado del mismo, aun cuando se utilizó surfactante. En este sentido, Romheld y El-Fouly (2002) indican que el tiempo para que se absorba el 50% del Ca aplicado de manera foliar es de 1 a 2 días.

Estos eventos de precipitación también causaron inundaciones en parte del suelo del experimento, ocasionando la caída y muerte de algunas plantas de varias unidades experimentales, por daño en el sistema radical. Esto puede ser observado en la Figura 16. Cabe señalar que las plantas de lechosa no toleran más de 48 h de suelo saturado, tal como ha sido señalado por Rodríguez *et al.* (2014).

De igual manera se ha señalado que la absorción del calcio puede verse afectada por la fuente de calcio utilizada en aspersiones realizadas a los frutos; en este sentido, Manganaris *et al.* (2005) indican que aspersiones de cloruro de calcio fueron más eficaces que la forma de calcio quelatado. Raese y Drake (2002) también indicaron que las formulaciones que contienen cloruro de calcio son más adecuadas para el aumento del contenido de calcio y que la absorción de calcio a través de la cáscara de la fruta es altamente dependiente de sus aberturas. En esta investigación se utilizó un producto comercial a base de CaO, el cual se distribuye en el país por las bondades que ofrece en el logro de mejores cosecha; por otra parte, dentro de los productos que se comercializan en el país para aplicaciones foliares a los cultivos con la finalidad de prevenir o curar las deficiencias de calcio, la forma más usada es CaO.

Otro aspecto importante de señalar, es que luego de la floración la incidencia virus de la mancha anillada fue notable en la plantación, incrementando hasta llegar a afectar el 100% del área plantada. Esta enfermedad es el principal factor que limita la producción de lechosa en Venezuela y no puede ser controlada por métodos convencionales. Esto también pudo tener alguna repercusión en la absorción del calcio aplicado en las hojas, ya

que las enfermedades virales afectan los procesos fisiológicos de las plantas (Matthews, 1992).



Figura 16. Plantas de lechosa ‘Carmen F1’ afectadas por las altas precipitaciones.

7. Relación de los niveles de calcio en hojas y frutos de lechosa, con las variables de calidad de los frutos y la actividad de las enzimas del ablandamiento

Los resultados indicaron que en madurez de cosecha no hubo ninguna correlación significativa entre el contenido de calcio en la hoja y las variables físicas de calidad de los frutos (Cuadro 5). En el caso de las variables químicas, evaluadas en madurez de consumo, solo se encontró una correlación significativa y positiva, entre los contenidos de clorofila *a*, *b* y total y el contenido del calcio en el fruto (Cuadro 6), indicando que a medida que los niveles de calcio en el fruto fueron mayores, aumentaron los contenidos de contenido de clorofila en el epicarpio.

Cuadro 5. Grado de asociación entre los contenidos de calcio en la hoja y las variables físicas de calidad de frutos de lechosa ‘Carmen F1’.

Variable		PF	DIAM	LONG	VOL	GESP	GRO	PS	FIRcos
CaHoja	<i>r</i>	-0.109	0.029	-0.357	-0.169	0.189	-0.341	-0.248	-0.13408
	<i>p</i>	0.639	0.900	0.112	0.465	0.413	0.131	0.278	0.5623

r: Coeficiente de correlación de Pearson; *p*: Valor de probabilidad; CaHoja: Calcio en hoja; PF: Peso fresco; DIAM: Diámetro; LONG: Longitud; VOL: Volumen; GESP: Gravedad específica; GRO: Grosor del pericarpio; PS: Peso seco; FIRcos: firmeza en madurez de cosecha.

Cuadro 6. Grado de asociación entre los contenidos de calcio en hoja y fruto y las variables de calidad del fruto de lechosa ‘Carmen F1’, evaluadas en madurez de consumo

		FIRcons	BRIX	CTe	CTm	CLOR _a	CLOR _b	CLOR _{total}
CaHoja	<i>r</i>	0.03031	-0.093	0.025	0.263	0.104	0.101	0.102
	<i>p</i>	0.8962	0.689	0.914	0.250	0.655	0.664	0.659
CaFruto	<i>r</i>	-0.407	-0.200	-0.061	0.0515	0.590	0.572	0.581
	<i>p</i>	0.067	0.386	0.793	0.825	0.005	0.007	0.006

r: Coeficiente de correlación de Pearson; *p*: Valor de probabilidad; CaHoja: Calcio en hoja; CaFruto: Calcio en fruto; FIRcons: Firmeza en madurez de Consumo; CTe: carotenoides totales en epicarpio; CTm: carotenoides totales en mesocarpio; CLOR_a: clorofila *a*; CLOR_b: clorofila *b*; CLOR_{total}: clorofila *total*.

Se ha reportado que en la medida que las concentraciones de calcio en los frutos son mayores, ocurre un retardo de la maduración (Witney *et al.*, 1990). El color verde de algunas variedades de manzanas está correlacionado con el contenido de Ca en el fruto, en el sentido

de que el fruto rico en calcio permanece más tiempo verde. Está bien establecido que el Ca retarda la maduración, disminuyendo la respiración del fruto y la emisión de etileno, retardando ligeramente la elevación del climaterio y disminuyendo el máximo climaterio. Igualmente retarda la senescencia por disminuir la actividad de la lipoxigenasa, el contenido de ácido aminociclopropanocarboxílico (ACC) y la emisión de etileno (Marcelle, 1995); todo esto, concuerda con lo señalado en esta investigación, donde la correlación indicó que a medida que los niveles de calcio en el fruto fueron mayores, aumentaron los contenidos de contenido de clorofila en el epicarpio, indicando un retraso en la maduración del fruto. Sin embargo esto no fue evidente al analizar los efectos de los tratamientos de aplicación de calcio en hojas y frutos,

De igual manera, la firmeza en ese estado de maduración se correlacionó de manera negativa con el contenido de Ca en el fruto; esto indica que a mayor contenido de calcio, los frutos fueron más firmes (menos mm de penetración). El contenido de calcio en hojas no tuvo relación con las variables antes indicadas.

El mayor contenido de calcio tanto en la hoja como en el fruto no se correspondió con los frutos con mayor firmeza, en este sentido Siddiqdiqui y Bangerth (1995) señalaron que la aplicación de Ca durante el desarrollo de frutos de manzana no siempre conduce a frutos más firmes en el momento de la cosecha, aun cuando puede resultar en una mejor retención de la firmeza durante el almacenamiento; sin embargo varios los autores (Madani *et al.* 2014a; Álvarez 2014; Leyva, 2011) relacionan un mayor contenido de calcio con una mayor firmeza del fruto.

Por otra parte también los resultados mostraron que no hubo correlación significativa entre el contenido de calcio tanto en hoja como en fruto y las enzimas del ablandamiento evaluadas en madurez de cosecha y consumo, exceptuando la celulasa en madurez de cosecha, donde se encontró una correlación negativa con el contenido de calcio en la hoja (Cuadro 7).

Cuadro 7. Grado de asociación entre los contenidos de calcio en hojas y frutos y la actividad de las enzimas del ablandamiento, evaluadas en frutos de lechosa ‘Carmen F1’ en madurez de cosecha y de consumo

Variables		PMEcos	PGcos	CELcos	PMEcons	PGcons	CELcons
CaHojas	<i>r</i>	-0.15659	0.15679	-0.47151	-0.06319	-0.20757	0.18407
	<i>p</i>	0.4979	0.4973	0.0309	0.7855	0.3666	0.4245
CaFruto	<i>r</i>	-	-	-	-0.283	-0.292	-0.356
	<i>p</i>	-	-	-	0.215	0.200	0.113

r: Coeficiente de correlación; *p*: Valor de probabilidad; PME_{Cos}: Pectinmetilesterasa en madurez de Cosecha; PG_{Cos}: Poligalacturonasa en madurez de Cosecha; CEL_{Cos}: Celulasa en madurez de Cosecha; PME_{Cons}: Pectinmetilesterasa en madurez de Consumo; PG_{Cons}: Poligalacturonasa en madurez de Consumo; CEL_{Cos}: Celulasa en madurez de Consumo.

La celulasa juega un papel menor en el ablandamiento de los tomates, melocotones y peras, pero parece crucial para el aguacate; en papaya se detectó actividad significativa de esta enzima en el momento de la cosecha; el aumento de la actividad de la celulasa se inició antes de que el aumento de la producción de etileno y por lo tanto, no se correlaciona con el aumento de la respiración y ablandamiento de la fruta (Paull y Chen, 1983); aunque por lo anteriormente dicho, la celulasa pareciera no tener un papel crucial en el ablandamiento del fruto de papaya, esta enzima según la correlación obtenida en esta investigación, pudiera verse inhibida por el contenido de calcio en la hoja.

En el cuadro 8, se puede observar que a pesar de que el calcio afecto tanto la firmeza en cosecha, como la actividad de las enzimas (PME y PG en cosecha) estas dos variables no estuvieron correlacionadas.

En este sentido, Thumdee *et al.* (2010) indican que la actividad de pectinmetilesterasa, β -galactosidasa, endoglucanasa, endoxilanasas y xilosidasas se correlacionaron con ablandamiento normal de la lechosa, sin embargo ellos no encontraron relación entre la actividad de la poligalacturonasa y el ablandamiento de la fruta.

Cuadro 8. Grado de asociación entre la firmeza y la actividad de las enzimas del ablandamiento evaluadas, en frutos de lechosa ‘Carmen F1’ en madurez de cosecha y de consumo

Variables		PME	PG	CEL
<i>En madurez de cosecha</i>				
FIRcos	<i>r</i>	0.02328	0.10128	-0.13869
	<i>p</i>	0.9202	0.622	0.5488
<i>En madurez de consumo</i>				
FIRcons	<i>r</i>	0.14757	0.25282	0.37824
	<i>p</i>	0.5233	0.2689	0.0909

r: Coeficiente de correlación; *p*: Valor de probabilidad PME_s; Pectinmetilesterasa PG: Poligalacturonasa ; CEL: Celulasa; FIRcos: Firmeza en madurez de Cosecha; FIRcons: Firmeza en madurez de Consumo.

CONCLUSIONES

- La dosis y forma de aplicación precosecha de calcio no tuvo efecto sobre las variables evaluadas en el fruto (físicas y químicas), excepto la firmeza de los frutos en madurez de cosecha. En este estado de maduración los frutos más firmes fueron los que se trataron con calcio al 0,2 y 0,3 % Ca dirigido al fruto.
- No hubo efecto de la dosis y forma de aplicación del calcio sobre la actividad de la pectinmetilesterasa y la poligalacturonasa en frutos en madurez de consumo, ni sobre la actividad de la celulasa en frutos en madurez de cosecha y consumo.
- La actividad de la pectinmetilesterasa en madurez de cosecha fue mayor en los frutos correspondientes al testigo, observándose una menor actividad en los frutos de todos los tratamientos con aplicación dirigida al fruto y con aplicación foliar al 0,1% Ca.
- La actividad de la poligalacturonasa en madurez de cosecha fue menor en los frutos de plantas tratadas con calcio foliar al 0,1%, incluso con valores menores que el testigo, lo cual no indica una tendencia clara.
- La aplicación de calcio afectó el índice promedio de severidad para los hongos en poscosecha a los 9 y 12 días de almacenamiento, observándose la menos severidad cuando los frutos se trataron en precosecha con 0,3% de calcio. Sin embargo a los 15 días de almacenamiento, los frutos de todos los tratamientos fueron afectados de manera similar. Los hongos aislados en el fruto fueron *Colletotrichum gloesporioides*, *Colletotrichum truncatum*, *Fusarium* sp., *Cladosporium cladosporioides*, *Aspergillus* sp. y *Lasiodiplodia theobromae*.
- Las concentraciones de calcio en hojas y frutos no se vieron afectadas por la aplicación de calcio y los valores en hojas indicaron una nutrición adecuada.
- Los niveles de calcio en hojas y frutos de lechosa, no estuvieron correlacionados con las variables de calidad de los frutos y la actividad de las enzimas del ablandamiento

evaluadas, exceptuando el contenido de clorofila *a*, *b* y total que se correlacionó con el contenido del calcio en el fruto.

- Diversos factores pudieron interferir en la absorción del calcio, entre los cuales pueden destacarse altas precipitaciones ocurridas durante la época de aplicación del Ca, la fuente utilizada y la alta incidencia de virus en las plantas del ensayo.

RECOMENDACIONES

Dado que los resultados aquí encontrados no permiten dar una recomendación precisa sobre las dosis y forma de aplicación de calcio para mejorar la calidad y vida poscosecha de los frutos de lechosa, se recomienda en una nueva evaluación:

- Incluir la aplicación de calcio de manera edáfica considerando que este elemento se mueve principalmente por la corriente transpiratoria.
- Sembrar de manera que la época de aplicación del calcio se realice durante el período seco.
- Marcar las flores en el momento de la antesis para evaluar de manera más precisa los efectos del calcio sobre el desarrollo y maduración del fruto.
- Evaluar los contenidos de calcio en hojas y frutos en varios momentos del desarrollo de la planta y del fruto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agustí, M. 2010. Fruticultura. Madrid. Mundi Prensa. 493 p.
- Aires, J.; H. Costa; J. Da Silva. 2004. Papaya diseases and integrated control. *In*: Naqvi (ed.) S.A. Diseases of fruits and vegetables: diagnosis and management. USA. Volumen II. pp. 201-268.
- Albornett, Y.; N. Sanabria. 1994. Diagnóstico de las enfermedades fúngicas en frutos de lechosa (*Carica papaya*) y melón (*Cucumis melo*) para exportación. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*. 20:13- 20.
- Álvarez, J. 2014. Efecto del riego y la nutrición con calcio en la producción, rajado y calidad poscosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) En invernadero. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 196 p.
- Amezquita, N.; H. Balaguera; J. Álvarez. 2008. Efecto de la aplicación precosecha de giberelinas y calcio en la producción, calidad y rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Rev. Colomb. Cienc. Hortic.* 2: 133-144.
- Aponte, L.; A. Guadarrama. 2003. Actividad de las enzimas pectinmetilesterasa, poligalacturonasa y celulasa durante la maduración de frutos de parchita maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 29:145-160.
- Arias, C.; J. Toledo. 2000. Manual de manejo poscosecha de frutas tropicales (papaya, piña, plátano, cítricos). FAO. Disponible en: http://sisav.valledelcauca.gov.co/CADENAS_PDF/HORTOFRUTICOLA/Fao.%20Manual%20para%20cosechas.pdf.
[Consultado: 16/03/2015]
- Arnon, D. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant. Physiol.*, 24, 1-15.
- Avilán, L.; F. Leal; D. Bautista. 1989. Manual de Fruticultura: Cultivo y Producción. Caracas. Editorial América. 1475 p.

- Awada, M.; R. Young. 1979. Postharvest Variation in Cellulase, Polygalacturonase, and Pectinmethylesterase in Avocado (*Persea americana* Mill, cv. Fuerte) Fruits in Relation to Respiration and Ethylene Production. *Plant Physiol.* 64: 306-308
- Bari, L.; P. Hassan; N. Absar; M. Hayue; M. Khuda; M. Pervin; Khatan; S. Hassain. 2006. Nutritional analysis of two local varieties of papaya (*Carica papaya* L.) at different maturation stages. *Pak. J. Biol. Sci.* 9: 137-140.
- Biggs, A.; M. El-Kholi; S. El-Neshawy; R. Nickerson. 1997. Effects of calcium salts on growth, polygalacturonase activity, and infection of peach fruit by *Monilinia fructicola*. *Plant Dis.* 81: 399-403.
- Boumaaza, B.; M. Benkhelifa; M. Belkhouja. 2015. Effects of Two Salts Compounds on Mycelial Growth, Sporulation, and Spore Germination of Six Isolates of *Botrytis cinerea* in the Western North of Algeria. *International Journal of Microbiology*. Disponible en: <http://www.hindawi.com/journals/ijmicro/2015/572626/>. [Consultado: 13/07/2015]
- Bouzo, C.; S. Cortez. 2012. Efecto de la aplicación foliar de calcio sobre algunos atributos de calidad en frutos de melón. *RIA.* 38:257-262.
- Castellano, G.; O. Quijada; C. Marin; R. Camacho. 2005. Fertilización precosecha con fuentes de calcio sobre la firmeza y calidad de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Rev. Ibero. de Tecn. Postcosecha.* 6: 72-77.
- Castellano, G.; O. Quijada; R. Ramírez; E. Sayago. 2006. Efecto de la fertilización con calcio y el estado de madurez sobre la calidad de la fruta de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Rev. Ibero. Tecn. Postcosecha.* 7:2. 109-113.
- Conway, W.; C.Sams; A. Kelman. 1994. Enhancing the natural resistance of plant tissues to postharvest diseases through calcium applications. *HortScience.* 29:751-754.
- Danieli, R.; C. Girardi; A. Parussolo, V. Ferri; C. Rombaldi. 2002. efeito da aplicação de ácido giberélico e cloreto de cálcio no retardamento da colheita e na conservabilidade de caqui, fuyu. *Rev. Bras. Frutic.* 24: 44-48.
- Droby, S.; M. Wisniewski; L. Cohen; B. Weiss; D. Touitou; Y. Eilam; E. Chalutz. 1997. Influence of CaCl₂ on *Penicillium digitatum* grapefruit peel tissue, and biocontrol activity of *Pichis guilliermondii*. *Phytopathology.* 87: 310-315.

- Durbin, M.; L. Lewis. 1988. Cellulases in *Phaseolus vulgaris*. Methods in enzymology. 160: 342-349.
- Ernani P.; J. Dias; C. Talamini; D. Cardoso; D. Rogeri. 2008. Preharvest calcium sprays were not always needed to improve quality of 'gala' apples in Brazil. Rev. Bras. Frutic. 30: 892-896.
- FAO. 2015. Estadísticas agrícolas. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. [Consultado: 12 /07/2015]
- Fayyaz, A.; B. Asbi; Y. Ghazali; Y. Che Man; S. Jinap. 1994. Purification and molecular properties of papaya pectinesterase. Food Chem. 49:373-378.
- FEDEAGRO. 2015. Estadísticas agrícolas. Disponible en: <http://www.fedeagro.org/produccion/Rubros.asp>. [Consultado: 12/07/2015]
- Flores, A. 1994. Manejo Postcosecha de Frutas y Hortalizas en Venezuela. UNELLEZ San Carlos. Cojedes. 319pp.
- Gaştol, M.; I. Domagała. 2006. Effect of foliar sprays on potassium, magnesium and calcium distribution in fruits of the pear. J. of Fruit and Ornam. Plant Res. 14: 169-17.
- Guadarrama, A. 1984. Algunos cambios químicos durante la maduración de frutos de semeruco (*Malpighia puniceifolia* L.). Rev. Fac. Agron. (Maracay) 13, 111-128.
- Guadarrama, A.; S. Andrade. 2012. Physical, chemical and biochemical changes of sweetsop (*Annona squamosa* L.) and golden apple (*Spondias citherea* Sonner) fruits during ripening. J. Agric. Sci. Tech. 1148-1157.
- Hagerman, A.; P. Austin. 1986. Continuous spectrophotometric assay for plant pectin methyl esterase. J. Agric. Food Chem. 34: 440-444.
- Haq, I.; A. Rab; M. Sajid. 2013. foliar application of calcium chloride and borax enhance the fruit quality of litchi cultivars. The Journal of Animal & Plant Sciences. 22: 1385-1390.
- Hernández, P.; E. Almenar; D. Vélez; R. Gavara. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. Food Chem. 110:428-435.

- Hiscox, J.; G. Israeltam. 1979. A method for de extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canad. J. Bot.* 57:1332-1334.
- Holland, D.; M. Perring; R. Rowe; D. Fricker. 1975. Discrepancies in the chemical composition of apple fruits as analyzed by different laboratories. *J. Hort. Sci.* 50: 301-310.
- Ishimaru, M.; S. Kobayashi. 2002. Expression of a xyloglucan endo-transglycosylase gene is closely related to grape berry softening. *Plant Sci.* 162:621-628.
- Jacomino, A.; R. Kluge; A. Brackmann; R. De Camargo. 2002. A madurecimiento e senescencia de mamao com 1- metilciclopropeno. *Sci. Agr.* 52:303-308.
- Jones, J.; B. Wolf; H. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook: A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide.* Micro-Macro Publishing, Inc. 213 pp.
- Krongyut, W.; V. Srilaong; A. Uthairatanakij; C. Wongs-Aree; E. Esguerra; S. Kanlayanarat. 2011. Physiological changes and cell wall degradation in papaya fruits cv. 'Kaek Dum' and 'Red Maradol' treated with 1- methylcyclopropene. *Int. Food Res. J.* 18:1251-1259.
- Lanauskas, J.; N. Kvikliene; N. Uselis; D. Kviklys; L. Buskiene; R. Mazeika; G. Staugaitis. 2012. The effect of calcium foliar fertilizers on cv. Ligol apples. *Plant Soil Environ.* 58:465-470.
- Leyva, N.; J. Basilio; L. Contreras; M. Muiy; J. Campos; I. Gonzalez. 2011. Sales de calcio mejoran vida de anaquel y aceptabilidad general de papaya (*Carica papaya* L. var. Maradol) fresca cortada. *Rev. Venez. de Ciencia y Tecnología de Alimentos.* 2: 001-015.
- Lobos, T.; H. Pinilla; W. Lobos. 2011. Efecto de aplicaciones de calcio en la calidad de la fruta de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Elliot. *Idesia (Chile).* 29:59-64.
- Manganaris, G.; M. Vasilakakis; L. Mignani; G. Diamantidis; K. Tzavella-Klonari. 2005. The effect of preharvest calcium sprays on quality attributes, physicochemical aspects of cell wall components and susceptibility to brown rot of peach fruits (*Prunus persica* L. cv. Andross). *Sci. Horti.* 107: 43-50.

- Madani, B.; M. Muda; C. Watkins; J. Kadir; Y. Awang; T. Shojaei. 2014a. Preharvest calcium chloride sprays affect ripening of Eksotika II' papaya fruits during cold. *Sci. Horti*. 171: 6–13.
- Madani, B.; M. Muda; A. Biggs; J. Kadir; Y. Awang; A. Tayebimeigooni; T. Shojaei. 2014b. Effect of pre-harvest calcium chloride applications on fruit calcium level and post-harvest anthracnose disease of papaya. *Crop Prot.* 55: 55-60.
- Malavolta, E.; G. Vitti; S. De Oliveira. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e Aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba (Brasil). 201 pp.
- Marcelle, R. 1995. Mineral nutrition and fruit quality. *Acta Hort.* 383: 219- 226.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, Inc., New York. 889 pp.
- Martins, C.; R. Farias. 2002. Produção de alimentos x desperdício: Tipos, causas e como reduzir perdas na produção agrícola – Revisão. *Revista da FZVA*. 9:20-32.
- Matthews, R.E.F. 1992. Fundamentals of plant virology. Academic Press Inc. London. 405 pp.
- McCollum, E. 1953. A rapid method for determining total carotenoids and carotene in tomatoes. *Proc. Amer. HortScience* .61:431-433.
- Mengel, K. 2002. Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition. *Acta Horti*. 594: 33-47.
- Miceli, A.; A. Ippolito; V. Linsalata; F. Nigro. 1999. Effect of pre-harvest calcium treatment on decay and biochemical changes in table grape during storage. *Phytopathol. Mediterr.* 38: 47-53.
- Murillo, F.; A. Chitarra. 1999. Efeito do aplicação do cloreto de calcio nos frutos da manga 'Tommy Atkins' tratados hidrotérmicamente. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 34: 761-769.

- Navarro, J.; L. Arauz. 1999. exactitud y repetibilidad de dos métodos para la evaluación de la severidad de enfermedades fungosas en el fruto de la papaya (*Carica papaya*). *Agronomía Costarricense* 23: 89-96.
- Natale, W.; R. De Mello; F. Vitti. 2005. *Alterações anatômicas induzidas pelo cálcio na parede celular de frutos de goiabeira*. *Pesq. Agropec. Bras.* 40: 1239-1242.
- Nwofia, G.; Ojmelukwe, P.; Eji, C. 2012. Chemical composition of leaves, fruits pulp and seeds in same *Carica papaya* (L.) morphotypes. *Int. J. Med. Aram. Plants.* 2: 200-206.
- Paull, R.; N. Chen. 1983. Postharvest Variation in Cell Wall-Degrading Enzymes of Papaya (*Carica papaya* L.) during Fruit Ripening. *Plant Physiol.* 72: 382-385.
- Penter, M.; B. Snijder; M. Kritzinger. 2001. The use of calcium for fruit quality improvement in Pinkerton avocados. *South African Avocado Growers Association Yearbook.* 24:25-28.
- Podesta, L.; M. Rodriguez; F. Gil; C. Arjona. Efecto del ácido giberélico y del calcio sobre el tamaño, agrietamiento y otros parámetros de calidad en frutos de cerezo (*Prunus avium* L.) cv. Bing. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* 16: 37-48.
- Pratella, G. 2003. *Note di biopatologia e tecnica di conservazione-trasporto dei frutti: l'effetto del calcio in post-raccolta*. *Revista di Frutticoltura* 6:70-71.
- Qiu, Y.; M. Nishina; R. Paull. 1995. Papaya fruit growth, calcium uptake, and fruit ripening. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120:246-253.
- Rab, A.; I. Haq. 2012. Foliar application of calcium chloride and bórax influences plant growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit. *Turk J. Agric. For.* 36: 695-701.
- Raese, J.; S. Drake. 2002. Calcium spray materials and fruit calcium concentrations influence apple quality. *J. Am. Pom. Soc.* 56: 136-143.
- Rajkumar, M.; P. Karuppaiah; R. Andasamy. 2006. Effect of preharvest application of calcium on storage behaviour, ripening and shelflife of papaya (*Carica papaya* L.) *Internat. J. agric. Sci.* 2: 480-482.

- Ramos, A.; C. Patto; A. Duarte; C. Donizete. 2004. Textura de goiabas “pedro sato” submetidas à aplicação de cloreto de cálcio. *Ciênc. agrotec., Lavras*. 28: 113-118.
- Rivas, E. 2001. Estudio comparativo de la calidad del fruto en cuatro genotipos de lechosa (*Carica papaya* L.) y su relación con la nutrición mineral. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. 63 p.
- Rodney, R. 1994. Integrating biological control into postharvest disease management strategies. *HortScience*. 29: 758-761.
- Rodríguez, G., B. Schaffer; C. Basso; A. Vargas. 2014. Efecto del tiempo de inundación del sistema radical sobre algunos aspectos fisiológicos y desarrollo del cultivo de lechosa (*Carica papaya* L.). *Rev. Fac. Agron. (UCV)* 40 (3):89-98
- Romero, N.; P. Sánchez; J. Rodríguez; C. Saucedo. 2006. Aplicación foliar de calcio y su relación con la calidad en frutos de mango cv. Haden. *Agricultura Técnica (México)*. 32:5-15.
- Romheld, V.; M. El-Fouly. 2002. Aplicación foliar de nutrientes: retos y límites en la producción agrícola. *Informaciones Agronómicas*. 48:10-14.
- Saborio, D.; D. Saenz; L. Arauz; F. Bertsch. 2000. Efecto del calcio en aplicaciones precosecha y poscosecha sobre la severidad de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y la calidad de frutos de papaya (*Carica papaya*). *Agronomía Costarricense*. 24:77-88.
- Salisbury, F.; C. Ross. 1994. *Fisiología vegetal*. México. Grupo Editorial Iberoamericana. 759 p.
- Saure, M. 2005. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. *Scientia Hort*. 105:65-89.
- Santos, B.M.; J.P. Gilreath; R. Arbona; A.R. Pimentel. 2005. La estadística no paramétrica para el análisis e interpretación de estudios de plagas: alternativas al análisis de varianza. *Hoja Técnica N° 51. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 75: 83-89.

Sañudo, A.; C. Siller; T. Osuna; D. Muy; G. López; J. Osuna; C. Greve; J. Labavitch. 2008. Solubilización y despolimerización de pectinas durante el ablandamiento de frutos de papaya. *Rev. Fitotec. Mex.* 31:149-155.

SAS. 2001. Institute Inc. Cary, NC, USA. Version 6.0.

Selvaraj, Y., D.K. Pal; M.D. Subramanyam; C.P.A. Iyer. 1982. Fruit set and the development pattern of fruits of five papaya varieties *Indian Journal of Horticulture* 39:50–56.

Serrano, M.; A. Amoro; M. Pretel; M. Martínez; R. Madrid; F. Romojaro. 2002. Effect of calcium deficiency on melon (*Cucumis melo* L.) texture and glassiness incidence during ripening. *Food. Sci. Tech. Int.* 8:147-54.

Siddiqui, S.; F. Bangerth. 1995. Effect of preharvest application of calcium on flesh firmness and cell-wall composition of apples - influence of fruit size. *J. Hort. Sci.* 70:263-269.

Silveira, A.; M. Chisari; E. Aguayo; F. Artés. 2006. Algunas sales cálcicas reducen la actividad poligalacturonasa y el ablandamiento en melón “Galia” mínimamente procesado. En: VIII Simposio Nacional y V Ibérico de Maduración y Postrecolección. Universidad Miguel Hernández. Departamento de Tecnología Agroalimentaria. p. 293-297

Singh, D.; J. Beloy; J. McInerney; L. Day. 2012. Impact of boron, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, anthocyanins and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*). *Food Chemistry* 132: 1161–1170

Song, W.; Z. Zhang; H. Shao; X. Guo; H. Cao; H. Zhao; Z. Fu; X. Hu. 2008. Relationship between calcium decoding elements and plant abiotic-stress resistance. *Int. J Biol. Sci.* 4: 116-125.

Stückrath, R.; R. Quevedo; L. Fuente; A. Hernández; V. Sepúlveda. 2008. Effect of foliar application of calcium on the quality of blueberry fruits. *J. Plant Nutr.* 31:1299-1312.

Taiz, L.; E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc. Publishers. 764 p.

Thumdee, S.; A. Manenoi; N. Chen; R. Paull. 2010. Papaya fruit softening: Role of hydrolases. *Trop. Plant Biol.* 3: 98–109.

Umuhuza, N.; S. Habimana. 2014. Performance of calcium chloride sprays on ripening, shelf-life and physical chemical proprieties of mango fruits (*Mangifera indica L.*) cv. Totapuri. *Int. J. Agri. Soil Sci.* 2:33-38.

USDA. 2015. National Nutrient Database for Standard Reference. Disponible en: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2321?fg=Fruits+and+Fruit+Juicesman=&facet=&format=&count=&max=25&offset=175&sort=&qlookup=>. [Consultado: 16/03/2015]

Uthaibutra, T.; K. Saengnil; T. Sornsrivichai; W. Kumpoun; V. Sardud. 1998. Effects of Fruit Position and Preharvest Calcium Dips on 'Nam Doc Mai' Mango Fruit Quality. En: *Disease Control and Storage Life Extension in Fruit*: Coates, L.; Hofman, P.; Johnson, G. (Eds.). Australian CenTe for Tntemational Agriculhural Research. Canberra. Australia. pp. 27-30.

Valero, D.; M. Serrano. 2010. Postharverst biology and technology for preserving fruit quality. CRC Press. 255 p.

Waldron, K.; A. Smith; A. Parr; A. Ng; M. Parker. 1997. New approaches to understanding and controlling cell separation in relation to fruit and vegetable texture. *Trends Food Sci. Tech.* 8:213-221.

Werner, E.; N. Ganassali; A. De Bona; B. Cavati; T. Hermogenes. 2009. Efeito do cloreto de cálcio na pós-colheita de goiaba Cortibel. *Bragantia.* 68: 511-518.

White, P.; M. Broadley. 2003. Calcium in plants. *Annals of Botany.* 92: 487-511.

Witney G.; P. Hofman; B. Wolstenholme. 1990. Mineral distribution in avocado trees with reference to calcium cycling and fruit quality. *Sci. Hortic.* 44: 279-291.

Anexos

Anexo 1. Análisis de varianza para período entre madurez de cosecha y consumo (días) en frutos de lechosa ‘Carmen F1’.

Fuente de Variación	gl	CM
Bloque	2	2,81 (<i>p</i> =0,0237)
Tratamiento	6	0,81 (<i>p</i> =0,2589)
Error	12	0,54
CV(%)		14,54

Anexo 2. Análisis de varianza para peso fresco y seco del fruto (g fruto⁻¹) de lechosa ‘Carmen F1’.

Fuente de Variación	gl	Peso fresco	Peso seco
		CM	CM
Bloque	2	71560,07 (<i>p</i> =0,3057)	8933,00 (<i>p</i> =0,0041)
Tratamiento	6	27266,97 (<i>p</i> =0,7974)	628,09 (<i>p</i> =0,7019)
Error	12	54610,61	991,46
CV(%)		9,20	10,43

Anexo 3. Análisis de varianza para volumen (ml) y gravedad específica (g mL⁻¹) del fruto en lechosa ‘Carmen F1’.

Fuente de Variación	gl	Volumen	Gravedad específica
		CM	CM
Bloque	2	553473,28 (<i>p</i> =0,1329)	0,16 (<i>p</i> = 0,1558)
Tratamiento	6	300672,85 (<i>p</i> =0,3269)	0,11 (<i>p</i> = 0,2566)
Error	12	230681,12	0,07
CV(%)		19,70	23,15

Anexo 4. Análisis de varianza para diámetro (cm), longitud del fruto (cm) y grosor del pericarpio (mm) de frutos de lechosa ‘Carmen F1’.

Fuente de Variación	gl	Diámetro	Longitud	Grosor del pericarpio
		CM	CM	CM
Bloque	2	1,38 (<i>p</i> =0,8574)	4,45 (<i>p</i> =0,0872)	39,47 (<i>p</i> =0,0093)
Tratamiento	6	13,77 (<i>p</i> =0,2449)	0,63 (<i>p</i> =0,8451)	4,39 (<i>p</i> =0,5959)
Error	12	8,91	1,48	5,57
CV(%)		5,45	3,69	7,00

Anexo 5. Análisis de varianza para firmeza en cosecha (mm de penetración) en frutos de lechosa ‘Carmen F1’, en madurez de cosecha y de consumo.

Fuente de Variación	gl	Firmeza en cosecha	Firmeza en consumo
		CM	CM
Bloque	2	0,0002 (<i>p</i> =0,9241)	7,04 (<i>p</i> =0,0836)
Tratamiento	6	0,0098 (<i>p</i> =0,0565)	4,01 (<i>p</i> =0,1926)
Error	12	0,0034	2,29
CV(%)		21,87	38,04

Anexo 6. Análisis de varianza para clorofila *a*, *b* y total en el epicarpio (mg por 100 mg tejido fresco) de frutos de lechosa ‘Carmen F1’.

Fuente de Variación	gl	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila total
		CM	CM	CM
Bloque	2	0,00000204 (<i>p</i> =0,4587)	0,00000794 (<i>p</i> =0,3337)	0,00001801 (<i>p</i> =0,3765)
Tratamiento	6	0,00000233 (<i>p</i> =0,4940)	0,00000748 (<i>p</i> =0,3997)	0,00001788 (<i>p</i> =0,4399)
Error	12	0,00000245	0,00000659	0,00001698
CV(%)		102,20	188,18	142,36

Anexo 7. Análisis de varianza para carotenoides totales en el epicarpio y en el mesocarpio (mg por 100 g tejido fresco) en lechosa ‘Carmen F1’.

Fuente de Variación	gl	Carotenoides en el epicarpio	Carotenoides en el mesocarpio
		CM	CM
Bloque	2	1,8167 (<i>p</i> =0,2023)	0,1623 (<i>p</i> =0,9081)
Tratamiento	6	0,5641 (<i>p</i> =0,7482)	1,6212 (<i>p</i> =0,4843)
Error	12	0,9922	1,6697
CV(%)		23,63	29,81

Anexo 8. Análisis de varianza para sólidos solubles totales (°brix) en el mesocarpio de frutos de lechosa ‘Carmen F1’.

Fuente de Variación	gl	CM
Bloque	2	0,45 (<i>p</i> = 0,3998)
Tratamiento	6	0,62 (<i>p</i> = 0,3094)
Error	12	0,46
CV(%)		7,4

Anexo 9. Análisis de varianza para la actividad de la pectinmetilesterasa en madurez de cosecha y madurez de consumo (variación de la absorbancia a 620 nm h⁻¹ a 30°C) en lechosa ‘Carmen F1’.

Fuente de Variación	gl	Pectinmetilesterasa en cosecha	Pectinmetilesterasa en consumo
		CM	CM
Bloque	2	0,0370 (<i>p</i> =<,0001)	0,0162 (<i>p</i> =<,0001)
Tratamiento	6	0,0019 (<i>p</i> =0,0258)	0,0002 (<i>p</i> =0,6203)
Error	12	0,0005	0,0003
CV(%)		12,38	21,28

Anexo 10. Análisis de varianza para actividad de la poligalacturonasa en madurez de cosecha y madurez de consumo (% de pérdida de la viscosidad de la mezcla de reacción) en lechosa ‘Carmen F1’.

Fuente de Variación	gl	Poligalacturonasa en cosecha	Poligalacturonasa en consumo
		CM	CM
Bloque	2	107,62 (<i>p</i> =0,0020)	72,99 (<i>p</i> =0,0009)
Tratamiento	6	29,15 (<i>p</i> =0,0516)	1,56 (<i>p</i> =0,9311)
Error	12	9,83	5,42
CV(%)		21,45	49,11

Anexo 11. Análisis de varianza para actividad de la celulasa en madurez de cosecha y madurez de consumo (% de pérdida de disminución de la viscosidad por una hora a 30°) en lechosa ‘Carmen F1’.

Fuente de Variación	gl	Celulasa en cosecha	Celulasa en consumo
		CM	CM
Bloque	2	693,98 (<i>p</i> =0,0952)	29,64 (<i>p</i> =0,0018)
Tratamiento	6	127,22 (<i>p</i> =0,7772)	3,08 (<i>p</i> =0,3883)
Error	12	241,00	2,66
CV(%)		19,77	32,82

Anexo 12. Análisis de varianza para Índice promedio de severidad para hongos durante la poscosecha en lechosa ‘Carmen F1’. Prueba de Friedman de acuerdo a Santos *et al.* (2005).

Fuente de Variación	gl	Índice Promedio de severidad				
		3 días	6 días	9 días	12 días	15 días
		CM	CM	CM	CM	CM
Bloque	2	0,01 (<i>p</i> =0,9996)	0,22 (<i>p</i> =0,9913)	0,05 (<i>p</i> =0,9963)	0,02 (<i>p</i> =0,9969)	1,52 (<i>p</i> =0,6314)
Tratamiento	6	10,94 (<i>p</i> =0,8920)	47,39 (<i>p</i> =0,1065)	66,38 (<i>p</i> =0,0010)	21,72 (<i>p</i> =0,0138)	3,28 (<i>p</i> =0,4347)
Error	48	29,27	25,41	14,62	7,19	3,28
CV(%)		54,10	50,41	38,24	26,81	17,80

Anexo 13. Análisis de varianza para el contenido de calcio en la hoja y en el fruto (%) en lechosa ‘Carmen F1’.

Fuente de Variación	gl	Contenido de calcio en	Contenido de calcio
		la hoja	en el fruto
		CM	CM
Bloque	2	0,27 (<i>p</i> =0,0296)	0,0102 (<i>p</i> =0,2047)
Tratamiento	6	0,03 (<i>p</i> =0,7704)	0,0084 (<i>p</i> =0,2619)
Error	12	0,05	0,0056
CV(%)		13,92	73,17