



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

APLICACIÓN DE EXTRACTOS PROCEDENTES DE *Cissus tiliacea* Kunth PARA
INCREMENTAR LA VIDA POSTCOSECHA EN CHIRIMOYA (*Annona cherimola*
Mill.)

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA

PRESENTA:

JOSE HERMILO PEDROZA CARMONA

(GENERACIÓN 40 No. CUENTA: 0613821)

MODALIDAD TESIS INDIVIDUAL

ASESORES:

DR. OMAR FRANCO MORA

M. en C. JUAN SALOMON CASTAÑO



CAMPUS UNIVERSITARIO "EL CERRILLO", MUNICIPIO DE TOLUCA,
MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2017.

RESUMEN

Pedroza Carmona José Hermilo. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México.

Asesores: Dr. Omar Franco Mora, M. en C. Juan Salomón Castaño, Laboratorio de Horticultura, Facultad de Ciencias Agrícolas UAEM.

E-mail: ofrancom@uaemex.mx, salcasju_cam@hotmail.com

La chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) es uno de los frutos más importantes de la familia Anonacea, reconocido por algunos botánicos como uno de los mejores frutos del mundo. Por su naturaleza climatérica tiene una vida de anaquel de 3 a 7 días, en ese periodo se ablanda y se daña con el manejo poscosecha. Por lo tanto, los frutos maduros y blandos son susceptibles a daños mecánicos, lo que dificulta su transporte y limita su calidad. Lo anterior, aunado a la necesidad de desarrollar tratamientos inocuos, realza la importancia de adicionar diversos extractos vegetales con potencial antimicrobiano o bien que permitan mantener la calidad del fruto por más tiempo. Por ello, el objetivo de este trabajo fue incrementar la firmeza de la cáscara y pulpa de frutos de chirimoya mediante la aplicación precosecha del extracto acuoso de hojas de *Cissus tiliacea* Kunth. A frutos de chirimoya ‘Bays’ se les aplicó periódicamente asperjando hasta punto de goteo directamente al árbol, a partir de 25 días después del amarre y después cada 25 días hasta 8 días antes del amarre, extractos (1 a 1 p/v) de *C. tiliacea*. Una vez cosechados los frutos, se evaluaron algunas características biofísicas y bioquímicas de poscosecha. El extracto de *C. tiliacea* redujo ($P < 0.05$) en 0.4, 0.6 y 1.5% la pérdida de peso en relación al control los días 4, 8 y 12 después de almacenamiento. En firmeza, al día 12 de almacenamiento, el control tuvo pérdida de 18.2% y los tratados de 16.8% presentando diferencia significativa. Desde el momento del corte, los frutos a los cuales

se les aplicó extractos de *C. tiliacea* presentaron menor luminosidad que los frutos control, esto a excepción del día 12 después del corte. Los frutos tratados con extractos fueron de 2 a 4 unidades L menos luminosos que el control. Por otro lado, a los 4 y 8 días de almacenamiento, el factor de color a^* indicó que los frutos tratados con *C. tiliacea* presentaron ligero bronceado en relación al control; el valor de a^* fue de 1.3 a 1.7 unidades más alto para los tratados con extractos que los del control. Los valores a^* y L^* influyeron en el croma (c), ya que también estos últimos fueron mayores para los frutos tratados con extractos vegetales. El contenido de sólidos solubles totales (SST) presentó diferencia significativa ($P < 0.05$) sólo al final de la evaluación, tanto los tratados como los testigos presentaron un aumento significativo de su contenido desde el día 4 hasta el final del almacenamiento con 14.7 el control y los tratados 11.3 °Bx.

Palabras clave: Manejo Poscosecha, Climatérica, Calidad, Extracto Vegetal.

ABSTRACT

Pedroza Carmona José Hermilo. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México.

Academic supervisors: Dr. Omar Franco Mora, M. en C. Juan Salomón Castaño, Horticulture Laboratory, Facultad de Ciencias Agrícolas UAEM.

E-mail: ofrancom@uaemex.mx, salcasju_cam@hotmail.com

The cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) Is one of the most important fruits of the Anonacea family, recognized by some botanists as one of the best fruits in the world. Due to its climatic nature, it has a shelf life of 3 to 7 days, during which time it softens and is damaged by postharvest handling. Therefore, ripe and soft fruits are susceptible to mechanical damage, which makes them difficult to transport and limits their quality. This, coupled with the need to develop safe treatments, emphasizes the importance of adding various plant extracts with antimicrobial potential or that allow to maintain the quality of the fruit for longer. Therefore, the objective of this work was to increase the firmness of the shell and pulp of cherimoya fruits by the pre - harvest application of the aqueous extract of leaves of *Cissus tiliacea* Kunth. Bays cherimoya fruits were periodically applied, from 25 days after mooring and then every 25 days to 8 days before mooring, extracts (1 to 1 w / v) of *C. tiliacea*. After the fruits were harvested, some postharvest characteristics were evaluated. The extract of *C. tiliacea* reduced ($P < 0.05$) in 0.4, 0.6 and 1.5% the weight loss in relation to the control on days 4, 8 and 12 after storage. In firmness, at day 12 of storage, control had loss of 18.2% and treated of 16.8% presenting significant difference. From the moment of the cut, the fruits to which extracts of *C. tiliacea* were applied showed lower luminosity than the control fruits, except for day 12 after the cut. The fruits treated with extracts were 2 to 4 L units less

luminous than the control. On the other hand, at 4 and 8 days of storage, the color factor a^* indicated that the fruits treated with *C. tiliacea* presented light tan in relation to the control; the value of a^* was 1.3 to 1.7 units higher for treatments with extracts than those of the control. The values a^* and L^* influenced chroma (c), as the latter were also higher for fruits treated with plant extracts. Total soluble solids (SST) presented a significant difference ($P < 0.05$) only at the end of the evaluation, both the treated and the controls showed a significant increase in their content from day 4 until the end of storage with 14.7 control and treatments 11.3 ° Bx.

Keywords: Post - harvest Management, Climatic, Quality, Vegetal Extract.

CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	v
CONTENIDO	vii
INDICE DE FIGURAS.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivo específico.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. Generalidades	4
3.2. Características botánicas y morfológicas	5
3.3. Origen y distribución	5
3.4. Cultivares de interés comercial	7
3.5. Producción mundial	8
3.5.1. Producción en México.	8
3.6. Factores de producción	9
3.6.1. Temperatura	9
3.6.2. Humedad ambiental	9
3.6.3. Viento.....	10
3.6.4. Luz	10
3.6.5. Riego	10

3.6.7 Plagas comunes del fruto	11
3.6.8. Enfermedades comunes del fruto.....	11
3.6.9. Determinación del momento de la cosecha	12
3.7 Recolección y manejo de la chirimoya.....	13
3.7.1. Técnicas precosecha para incrementar potencial de almacenamiento.....	14
3.7.2. Manejo del ambiente de posrecolección	14
3.7.3. Problemas de postrecolección.....	15
3.7.4. Selección y clasificación de la chirimoya	16
3.7.5. Empaque.....	16
3.7.6. Manejo poscosecha	17
3.8. Cambios fisiológicos en poscosecha del fruto.....	17
3.8.1 Etileno y respiración	17
3.8.2. Cambios hídricos.	19
3.8.3. Azúcares totales.	20
3.8.4 Ácidos orgánicos.	22
3.8.5. Daños por frío.	23
3.8.6. Oxidación y oscurecimiento de cáscara y pulpa	24
3.8.7. Enzimas que intervienen en la degradación del fruto.....	25
3.8.8. Pectinmetilesterasa (PME)	26
3.9. Extractos vegetales	26
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	28
4.1. Ubicación del huerto experimental	28
4.2. Material vegetal	28
4.3 Almacenamiento	29

- Pérdida de peso del fruto.....	29
- Firmeza	29
- Acidez titulable	30
- Azúcares totales.....	30
- Ácido ascórbico	30
4.4 Análisis estadístico.....	31
V. RESULTADOS Y DICUSIÓN.....	32
5.1 Pérdida de peso del fruto	32
5.2. Firmeza	33
5.3. Color	36
5.5. Acidez titulable	38
5.6 Vitamina C	40
5.7 Compuestos fenólicos	41
VI. CONCLUSIONES	43
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva patrón para determinar azúcares totales en frutos de chirimoya.	30
Figura 2. Curva patrón para determinar compuestos fenólicos en frutos de chirimoya.	31
Figura 3. Pérdida de peso de frutos de chirimoya cv Bays tratados periódicamente en precosecha con extractos de <i>Cissus tiliacea</i> y almacenados a temperatura ambiente.	32
Figura 4. Firmeza de frutos de chirimoya 'Bays' tratados periódicamente en precosecha con extractos de <i>Cissus tiliacea</i> y almacenados a temperatura ambiente.	35
Figura 5. Valores de los factores de color de frutos de chirimoya 'Bays' tratados periódicamente en precosecha con extractos de <i>Cissus tiliacea</i> y el control y almacenados a temperatura ambiente.	37
Figura 6. Contenido de sólidos solubles totales de frutos de chirimoya 'Bays' tratados periódicamente en precosecha con extractos de <i>Cissus tiliacea</i> y almacenados a temperatura ambiente.	38
Figura 7. Acidez titulable de frutos de chirimoya cv 'Bays' tratados periódicamente en precosecha con extractos de <i>Cissus tiliacea</i> y almacenados a temperatura ambiente.	40
Figura 8. Vitamina C de frutos de chirimoya 'Bays' tratados periódicamente en precosecha con extractos de <i>Cissus tiliacea</i> y almacenados a temperatura ambiente.	41

Figura 9. Compuestos Fenólicos de frutos de chirimoya cv ‘Bays’ tratados periódicamente en precosecha con extractos de *Cissus tiliacea* y almacenados a temperatura ambiente.42

I. INTRODUCCIÓN

La chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) es uno de los frutos más importantes de la familia Anonacea, reconocido por algunos botánicos como uno de los mejores frutos del mundo (González, 2013). Es una fruta que aporta energéticos, hidratos de carbono, minerales como fósforo y potasio, vitaminas A, C y niacina; así como también metabolitos secundarios útiles en la salud humana (fenoles simples y flavonoides). En madurez organoléptica es una de las frutas más exquisitas del mundo debido a su dulzura, pulpa cremosa y aroma fragante (Pareek et al., 2011). Además, presenta textura firme al momento de la cosecha; sin embargo, una vez que la maduración avanza se vuelve muy blanda rápidamente lo que dificulta su transporte y limita su calidad. Por lo tanto, los frutos maduros y blandos son susceptibles a daños mecánicos por el inapropiado manejo poscosecha y la transportación (Cerdas et al., 2007).

Asimismo, el ablandamiento del fruto implica la degradación de algunas sustancias; atribuyéndose esto como la mayor causa de afectación poscosecha y de pérdidas económicas. En este sentido, se han implementado técnicas para incrementar la vida poscosecha de esta, siendo la más común el almacenamiento bajo refrigeración; sin embargo, esta técnica incrementa el potencial de generar enfermedades fungosas, además, el almacenamiento prolongado en refrigeración, provoca daño por frío, lo que involucra el oscurecimiento de la cáscara, así como pulpa con consistencia arenosa (Ramos y Martínez, 1998).

Por otro lado, considerando que en los últimos años para la agricultura es de gran importancia la disminución o eliminación del uso de productos químicos que representan

riesgos a la seguridad alimentaria; se ha buscado la implementación de productos orgánicos o naturales en la agricultura, los cuales disminuyen los efectos de degradación en la calidad de los frutos y evitan riesgos nocivos para el consumo de las personas. Se reconoce la importancia de realizar estudios sobre la adición de diversos extractos vegetales con potencial antimicrobiano o bien que permitan mantener la calidad del fruto por más tiempo. Se ha comprobado que la aplicación de resveratrol en forma de analito puro incrementa la vida postcosecha de chirimoya, principalmente al reducir la tasa de ablandamiento de la pulpa y la cáscara, posiblemente debido al retraso en la actividad de las enzimas degradadoras de la pared celular, o favoreciendo las cadenas de polímeros pecticos. Por otro lado, en las hojas de vid silvestre se han encontrado cantidades significativas de resveratrol, y su adición a medios in vitro y a fresa, disminuyeron la proliferación de *Botrytis cinerea*, y en el caso de la fruta, también disminuyó su ablandamiento. En tal situación, *Cissus tiliacea* es una especie de la familia Vitaceae y posiblemente también contenga algún estilbeno como resveratrol que pueda generar alguna reacción positiva en la vida postcosecha de algunas frutas.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Incrementar la firmeza de la cáscara y pulpa de frutos de chirimoya mediante la aplicación precosecha del extracto acuoso de hojas de *Cissus tiliacea* Kunth.

2.2. Objetivo específico

- Determinar el efecto de la aplicación precosecha de un extracto de hojas *Cissus tiliacea* sobre la firmeza de la cáscara en frutos de chirimoya.
- Evaluar la calidad poscosecha de frutos de chirimoya con aplicación de extracto acuoso de hojas *Cissus tiliacea* y su efecto sobre la vida de anaquel.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Generalidades

La chirimoya es nativa de América; por lo que los primeros pobladores del Centro y Sudamérica ya tenían conocimiento de este fruto. Existen evidencias de este, reproducidas en vasijas de barro y otros artículos utilizados en las culturas prehispánicas del Perú. Sin embargo en los últimos años investigadores europeos han ubicado su origen en Mesoamérica desde México hasta Panamá (Cerdas et al., 2007).

La palabra chirimoya, nombre para la fruta del árbol de *A. cherimola* Mill. es muy probable que provenga de la lengua indígena Quiché (dialecto maya en Guatemala). De Smet *et al.*, (1999) creen que la connotación de “chirimoya” proviene de la combinación de dos palabras: Quichua chirí o cirí medianamente frío o frío, y muyú, medianamente circular o redondo, en términos generales se refiere a un fruto fresco y redondo.

La chirimoya presenta limitada distribución en el mundo, y el nombre común en diferentes países es la transliteración del epíteto de especie latino cherimola. Por ejemplo, en inglés cherimoya, en español chirimoya. La chirimoya es considerada una dádiva del Nuevo Mundo, y por sus atributos nutritivos, la pulpa de esta fruta es utilizada en forma natural o para la producción de jugos, batidos, helados (Cerdas et al., 2007).

Su mercadeo generalmente es a escala local o regional. Sin embargo, a medida que la chirimoya comienza a ser más conocida, es objeto de mayor atención por parte de

investigadores, cultivadores y consumidores de un gran número de países (Grossberg, 1997).

La chirimoya después de ser cosechada, tiene una vida de 3 a 7 días por lo que se vuelve blanda y delicada para su manejo, siendo más susceptible a los daños mecánicos por técnicas inapropiadas de cosecha, manejo y transporte, generando disminución en la calidad, y por tanto limitación en el almacenaje, transporte y comercialización, generando pérdidas económicas.

3.2. Características botánicas y morfológicas

Los frutos de esta especie son de formas acorazonada, cónica, oval o en muchas ocasiones, de formas irregulares, debido a la polinización irregular de los más de 100 carpelos. Los frutos miden desde 7.5 hasta 12.5 cm de longitud y pesan desde 200 hasta 1500 g. Morfológicamente existen cinco tipos de chirimoya, la diferencia radica en la presencia de protuberancias singulares en la cáscara del fruto, estos son los siguientes: lisa, impresa, tuberculada, mamilada y umbonada. La cáscara de la fruta es delgada y delicada, cuando el fruto ha madurado se torna de un verde oscuro a verde-amarillento (Cerdas *et al.*, 2007). La fruta contiene de 21 a 45 semillas por fruto, estas miden desde 1.5 hasta 2 cm de longitud y aproximadamente de 1 cm de ancho (Nesheim, 2002).

3.3. Origen y distribución

El chirimoyo es un árbol caducifolio, considerado originario del norte de Perú, el sur de Ecuador y algunas zonas del norte de Chile, inicialmente se desarrolló en áreas con altitud de entre 1500 a 2200 m, donde ya era cultivada desde el año 200 d.C. Aunque, a

falta de estudios complementarios, no se puede descartar que América Central y México sean centro de origen. Esta especie se introdujo en el sur de España antes de 1751, en la zona de Motril, Salobreña, Almuñécar y parte de Málaga, de donde probablemente se llevó a Italia y a la Isla de Madeira (Portugal). En la zona mediterránea también se encuentra bien adaptado en Israel, Egipto, Reggio Calabria (sur de Italia) y Argelia, pero, de hecho, su cultivo se ha extendido a todos los continentes (Nesheim, 2002).

Como sucedió con el nombre, también existe controversia respecto a su origen. Popenoe (1975) afirma que el lugar de origen de la chirimoya es de los Valles Andinos, en donde fluye el río Marañón, entre Perú, Colombia y Bolivia antes de llegar al Ecuador. Las poblaciones nativas en las regiones de Centro y Sudamérica, desde tiempos inmemoriales han hecho uso de las anonáceas por sus aportes medicinales y nutricionales. (Cuevas *et al.*, 2010; Eloss, 2011). El número de géneros y especies en la familia de Anonacea es muy debatido. Bayle (1949) afirmó que existen 46 géneros y, entre 500 y 600 especies, mientras que Fries (1959), citado por Geurts (1981), afirmó que hay 119 géneros y más de 2000 especies, Popenoe (1975) describe que la familia Anonacea tiene entre 40 y 50 géneros y más de 500 especies. Un número limitado de especies de este género produce frutos comestibles, incluyendo varios de origen silvestre, y algunos que han sido domesticados. Muchas de estas especies se encuentran en zonas tropicales y subtropicales, y solamente pocos géneros en zonas templadas. De acuerdo con Geurts (1981), existen 119 géneros, 109 son nativos de América tropical y 10 de África tropical. De las especies americanas, todas han sido domesticadas, mientras que de las africanas solamente una está en proceso de domesticación (*A. senegalensis*).

3.4. Cultivares de interés comercial

Entre los cultivares más destacados de *A. cherimola* están: 'Fino de Jete', que es una selección clonal (multiplicada vía agámica, por injerto) realizada por los agricultores del Valle del Río Verde en Granada España, el cual con sabor dulce y cáscara lisa, facilita su comercialización. Sin embargo, 'Fino de Jete' requiere de polinización manual para resolver su bajo porcentaje de amarre de frutos. Otro cultivar es 'Bronceada' variedad comercial cuyo material genético originario es de Quillota, Chile y en conjunto con 'Concha lisa' representan 95 % de la superficie cultivada en ese país. 'Bronceada' tiene bajo porcentaje de amarre de frutos y es necesario polinizar manualmente para obtener el amarre y asegurar buena producción (Castañeda, 2005). La cosecha de esta variedad generalmente se obtiene desde noviembre a enero. Los frutos alcanzan un peso de 300 a 1,350 g, en su cáscara presentan protuberancias carpelares muy gruesas, esto lo hace susceptible a heridas por lo que requiere manejo muy cuidadoso. En su madurez fisiológica son de color amarillo brillante, sus características organolépticas son muy aceptables debido a sus componentes organolépticos. Este autor también menciona que 'Campas' es originario de España y pueden alcanzar pesos de 500 hasta 1,500 g. Para este caso, la cosecha ocurre de octubre a diciembre, su pulpa es aromática y jugosa, el contenido de semilla es de 6 a 8 por 100 g de pulpa. La forma de la cáscara favorece al manejo poscosecha. Los cultivares 'Burtons favorite' y 'White' son originarios de Nueva Zelanda y Estados Unidos de América respectivamente, con periodo de cosecha que abarca de noviembre hasta marzo. Requiere de polinización manual para producir frutos de excelente calidad, estos frutos son de forma alargada y el peso oscila desde los 400 hasta los 1,600 g. La pulpa es muy jugosa, aromática y dulce. Los frutos de

'Burtons favorite' alcanzan 25 % de sólidos solubles totales y su cantidad de semillas oscila de 8 a 12 en 100 g de pulpa, mientras que 'White' es de sabor agridulce y bajo índice de semillas (Castañeda, 2005).

3.5 Producción mundial

La chirimoya se produce principalmente en España, Perú y Chile. Además de pequeñas áreas de producción en algunos países de América Central, México, Israel y los Estados Unidos (California). El área de producción mundial de chirimoya se evalúa en 13,500 ha con un rendimiento promedio de 6 ton ha⁻¹ por año. La producción mundial es estimada en 81,000 t (Pinto et al., 2005).

Más de 75 % del cultivo es producido en huertos comerciales bien establecidos a lo largo del Mediterráneo, en la costa sur de España, particularmente en las provincias de Granada y Málaga. Perú es el segundo país productor, con un área cultivada de 1,800 ha y un estimado de 15,000 toneladas anuales. Chile es el tercer país productor con 12,000 t en 1,200 ha (EOLSS, 2011).

3.5.1. Producción en México.

La producción, rendimiento y superficie sembrada, aún es muy baja en México. Datos promedios del 2009 al 2013 reportan una superficie cultivada de 114.1 ha en Morelos, Michoacán, Hidalgo y Estado de México, con una producción de 577.5 t y rendimiento de 6.4 t ha⁻¹ obteniendo ganancia por 2,436.4 millones de pesos (SIAP-SAGARPA, 2014).

La chirimoya tiene gran potencial en el mercado internacional, siendo México quien pueda ostentar grandes ventajas de exportación a Estados Unidos. Por consiguiente, debe promoverse dicho cultivo (Nava-Díaz *et al.*, 2000)

3.6. Factores de producción

Los factores idóneos de precosecha proveerán la calidad de los frutos, estos factores son entre otros, podas, temperatura, humedad ambiental, vientos, luz, nutrición y polinización. Esta especie se puede catalogar como caducifolia, puesto que en un lapso de tiempo muy corto, luego de la cosecha, se defolia el árbol e inicia la nueva brotación. Este fenómeno sucede de manera muy rápida; las hojas pierden su coloración verde y se tornan amarillas y caen y de forma inmediata se inicia la brotación, de manera que en el campo es muy raro encontrar una planta totalmente defoliada. La chirimoya puede adaptarse desde 900 a 2500 msnm (Delgado, 2005).

3.6.1. Temperatura

Belotto y Manica (1994) consideran que la mejor temperatura debe ser entre 18 y 22 °C en el verano y 5 a 18 °C en el invierno. Ya que altas temperaturas durante la etapa de floración son perjudiciales, debido a que se presenta resequedad en el líquido estigmático. También si existe mucha lluvia, durante este periodo, ocasiona caída de los granos de polen, que no pueden adherirse al estigma (Delgado, 2005).

3.6.2. Humedad ambiental

La humedad relativa para este cultivo debe fluctuar entre 60-70 % durante la época de floración. La humedad relativa alta, mayor del 80 % es perjudicial porque favorece la

presencia de enfermedades de tipo fungosos (*Colletotrichum* sp.) y bacteriano que atacan con mayor intensidad en los estados fenológicos de floración y fructificación. En este último caso es especialmente dañina cuando la humedad es alta en la etapa de maduración de la fruta, ya que puede causar pérdidas hasta del 50 % de la cosecha (Delgado, 2005).

3.6.3. Viento

Los vientos fuertes son perjudiciales para este cultivo porque debido a que su sistema radicular no es muy profundo, árboles adultos de gran copa, pueden ser derribados. Por ello se recomienda no establecer huertos con propósitos comerciales en zonas ventosas (Delgado, 2005).

3.6.4. Luz

La planta por ser originaria de la zona subtropical alta, requiere una cantidad apreciable de horas luz, la cantidad necesaria es de 900 a 1,200 horas año (Delgado, 2005).

3.6.5. Riego

Son varios los factores que deben considerarse para establecer las necesidades hídricas del cultivo, entre ellos están: la disponibilidad en volumen y calidad de agua, grado de infiltración, pendiente del terreno, fenología vegetal y aspectos del clima. Andrés (1997) menciona que en México, la chirimoya se cultiva en tres tipos de clima de acuerdo al sistema de clasificación Köppen, el primer tipo es considerado subtropical (Valencia, Murcia en España), con un alto régimen de lluvias en los meses de verano (un promedio

de 1,692 mm anuales); los otros dos tipos son considerados subtropical, con precipitaciones menos abundantes (1,047 a 1,182 mm anuales).

3.6.7 Plagas comunes del fruto

Las tres principales plagas que atacan a las chirimoyas y en ocasiones a otras anonáceas en las distintas regiones productoras de América son:

Bephratelloides sp.: conocido comúnmente como perforador de la semilla. Dentro del fruto como huevo y larva, se alimenta de la semilla tierna. En el estado de pupa, ya la semilla se encuentra protegida por la testa de consistencia dura, por esta razón el insecto abandona el fruto cuando es adulto. Además deja perforaciones que facilitan la entrada de otros problemas patológicos. Tienen características estenofagos, multivoltinos y se alimentan de semillas de 16 especies de anona (Brechelt, 2004).

Cerconota anonella: (perforador del fruto) es una pequeña mariposa que en estado larval perfora los frutos pequeños y cuando completa este estado, se torna color violeta y cae al suelo para convertirse en pupa (Brechelt, 2004).

3.6.8. Enfermedades comunes del fruto

Monilia fruticola: una de las enfermedades de mayor incidencia, causa la momificación de los frutos que permanecen prendidos a las ramas durante el ciclo anual y posteriormente, cuando se inicia la nueva brotación. El inóculo permanece en los frutos momificados y ataca las flores, nuevas hojas y al final los frutos en maduración. Los frutos en crecimiento solamente pueden ser atacados por heridas, causadas por insectos u otro agente externo. Cuando las condiciones de humedad, lluvias, aumentan durante la

época de cosecha, la enfermedad se vuelve muy agresiva, En zonas productivas de España se han reportado pérdidas de por lo menos 60 % (Delgado, 2005).

Botrytis cinerea el hongo penetra en forma directa en el fruto, causando una pudrición blanda. Se puede presentar en los frutos, cuando se encuentran totalmente formados o inician el periodo de maduración. También se reporta como una enfermedad de poscosecha. Es uno de los patógenos más agresivos en el cultivo de chirimoya (Delgado, 2005).

3.6.9. Determinación del momento de la cosecha

La chirimoya es una fruta de forma acorazonada, que se cosecha en madurez fisiológica, o sea cuando aún está verde y firme, pero con todas las posibilidades de poder madurar. Esta fruta presenta dos alzas bien marcadas en la respiración (este proceso está relacionado con la maduración de la fruta), en la primera alza se inicia el ablandamiento de la fruta y en la segunda se da el desarrollo total del aroma, sabor y textura adecuada para su consumo. Una de las principales características que presenta la anona cuando está lista para cortar, es que cambia el tono del color verde, debiéndose cosechar de color verde claro o verde ligeramente amarillo. Esta característica es una de las más usadas por el productor, porque se dice de otros indicadores de madurez, como el de que las semillas suenan, no obstante no es un indicador de madurez fisiológica porque es una característica propia de ciertos tipos de anonas, independientemente del grado de madurez (Farré, 2004).

También se considera el color de la vellosidad de la fruta, la cual se torna de color café en algunos cultivares; sin embargo, los tipos de anona que se siembran en el país, no

presentan dicha característica. Otro indicativo de que se ha iniciado la maduración, sugerido por los productores, es un aroma que se desprende de la fruta. La fruta terminará de madurar durante el proceso de comercialización. Algunos consumidores la adquieren aún firme, para que termine de madurar en su casa, pero la mayoría prefieren que sea una fruta que ya ha perdido firmeza para poder consumirla en poco tiempo. Si la fruta tiene muy poca firmeza al tacto, probablemente no sea adecuada para el consumidor.

3.7 Recolección y manejo de la chirimoya

Se debe cosechar con la mano y no colocar la fruta en el suelo. No se recomienda utilizar sacos para transportar la fruta cosechada, lo mejor es usar la caja plástica. Debido a que la chirimoya tiene una cáscara muy fina que no le protege mucho de la pérdida de humedad, una vez que ha sido cortada del árbol debe ser colocada rápidamente a la sombra, o en lugares frescos donde no le pegue el sol directamente (Cerde et al., 2007).

El uso de amortiguadores, como espuma en las cajas o el empleo de papel periódico para envolver la anona, ayuda a reducir el impacto de los golpes. Cuando el transporte se hace por caminos difíciles (con mucha pendiente, con huecos y otras irregularidades), es necesario que se giren instrucciones a quienes manejen los camiones para que lo hagan en forma lenta para evitar que las frutas se golpeen entre ellas y contra las paredes de las cajas, además de reducir un poco el impacto de las vibraciones.

La chirimoya tiene un alto contenido de una enzima llamada polifenoloxidasas, por lo que cuando la fruta sufre daños mecánicos como roces, desprendimiento de partes de la

cáscara, magulladuras, rajaduras, etc., las células quedan en contacto con el aire y por acción de la enzima mencionada, se dan reacciones de oxidación que hacen que el tejido de la cáscara y la pulpa se oscurezca, afectando la apariencia (Morales, 2015).

3.7.1. Técnicas precosecha para incrementar potencial de almacenamiento

Recientemente, Morales et al. (2014, 2015) recomendó la aplicación en precosecha de resveratrol, grado reactivo, lo cual es una técnica probada para incrementar la firmeza de cáscara y pulpa; sin embargo, el costo es alto lo que lo vuelve recomendable solo para frutos de exportación. Ahora bien, los extractos de vid silvestre contienen resveratrol y han funcionado como inhibidores del desarrollo de hongos, tanto *in vivo* como *in vitro* (Rodríguez y Sanabria, 2005; Apolonio-Rodríguez et al., 2017). Aunado a esto los extractos vegetales de las plantas de *Cissus tiliacea* pertenecientes a la familia Vitacea puede tener efecto positivo en el aumento de la firmeza de cáscara en chirimoya y con ello disminuir el costo de producción, haciendo de esta técnica una verdadera alternativa para los productores locales. Además la aplicación de extractos vegetales es una alternativa inocua y propia del control biológico.

3.7.2. Manejo del ambiente de posrecolección

La chirimoya es un fruto subtropical que madura rápidamente una vez cosechado. Si se usan atmósferas con bajo nivel de oxígeno y alto de dióxido de carbono se puede alargar el almacenamiento hasta un mes, pero esta práctica no se utiliza a nivel comercial porque se eleva el costo de poscosecha. El principal problema de los frutos tropicales es que una vez recolectados maduran rápidamente. Además de las técnicas de conservación de estas frutas, es importante también el grado de maduración en el momento de la

cosecha. La chirimoya debe preenfriarse rápidamente tras su cosecha, con el fin de alcanzar por lo menos los 8-15°C según el cultivar. Este proceso es necesario cuanto las temperaturas aumentan en el momento de la recolección. Las condiciones óptimas de conservación dependen de la variedad, aunque oscilan entre los 8 y los 12°C con una humedad entre el 90 y el 95%. También se pueden usar atmósferas controladas, que retrasan el proceso de maduración y controlan el desarrollo de enfermedades. El óptimo corresponde a 3-5% de oxígeno y 5-10% de dióxido de carbono. Es importante eliminar el etileno de las cámaras, ya que acelera la maduración de las chirimoyas (Farré, 2004).

3.7.3. Problemas de postrecolección

Entre los problemas que pueden sufrir las chirimoyas durante su almacenamiento están alteraciones como daños por frío y rajado, además de enfermedades tales como *Colletotrichum gloeosporioides*, *Phomopsis anonacearum* y *Botryodiplodia theobromae*. Las chirimoyas pueden presentar diversos problemas durante su conservación, tanto determinadas alteraciones como enfermedades:

Daños por frío: si se exponen a temperaturas por debajo de 8-12°C según la variedad y estado de madurez, se produce un ennegrecimiento y endurecimiento de la cáscara, desarrollo de sabores desagradables y pulpa de textura harinosa.

Rajado: se produce en algunas variedades en avanzados estados de maduración y se agrava si la concentración de etileno es elevada.

Entre las enfermedades están las siguientes:

Colletotrichum gloeosporioides: este hongo produce lesiones oscuras y la aparición de zonas rosadas bajo condiciones húmedas.

Phomopsis anonacearum es un hongo que produce la aparición de manchas púrpuras en el fruto, que se endurecen y rompen con el tiempo.

Botryodiplodia theobromae produce granos púrpuras sobre la cáscara. La pulpa se vuelve marrón y acorchada.

3.7.4. Selección y clasificación de la chirimoya

La chirimoya debe ser seleccionada con el fin de eliminar la fruta que no cumple con los requerimientos del consumidor como puede ser: muy pequeña o muy grande, además de ser deforme, con golpes, magulladuras, estar verde o muy madura, además de presentar perforaciones de insectos, manchas negras o pudriciones (Baraona, 2000).

Tanto la selección como la clasificación se debe hacer con mucho cuidado, si se realiza sobre mesas de madera, estas deben estar limpias e higiénicas (se deben lavar con agua con cloro comercial en una solución de 3 ml de cloro por litro de agua) y colocar la fruta sobre estas con mucho cuidado, pues se debe recordar que la cáscara de la fruta es muy delicada y cualquier manejo brusco va a repercutir en desprendimientos de partes de la cáscara y en oscurecimiento de las lesiones que se causen (Baraona, 2000).

3.7.5. Empaque

Una vez que se hayan realizado los tratamientos poscosecha que la fruta requiere, para alargar su período de vida útil, se procede a empacarla cuidadosamente, porque la

cáscara es sensible a los roces y a sufrir daño mecánico, aún más si tiene protuberancias en su cáscara, las cuales pueden variar según el tipo de chirimoya (Baraona, 2000).

3.7.6. Manejo poscosecha

Desde la cosecha y después de esta, la chirimoya es muy susceptible a daños mecánicos, estos daños implican lesiones y cortaduras, magulladuras y la fricción entre cáscara provoca ennegrecimiento por heridas, para evitar estos daños, se requieren apropiadas técnicas de manipulación poscosecha. Los frutos son muy delicados, por lo que se recomienda una capa de frutas por caja para el almacenamiento y envío. Si tiene 2 o 3 capas, entonces los frutos deben ser protegidos individualmente con materiales que amortigüen los golpes, estos materiales pueden ser papel o poliestireno. Una sola capa en cajas de 6 y 8 kg de frutos es lo más recomendado. En la medida en que el fruto permanezca firme, es posible transportar a mercados. Un tratamiento de preenfriamiento antes de la transportación al mercado distante ayuda a la vida poscosecha de la chirimoya. También es muy importante realizar las técnicas de tratamientos asépticos de herramientas y contenedores, esto ayuda a prevenir a la poscosecha de chirimoya para evitar infecciones fungosas, plagas y otras enfermedades (Morales, 2015).

3.8. Cambios fisiológicos en poscosecha del fruto

3.8.1 Etileno y respiración

A medida que los tejidos vegetales envejecen existe un decremento en la tasa de respiración; sin embargo, en algunas frutas muestran en el tiempo un súbito incremento en la actividad metabólica y en la tasa de respiración, este fenómeno recibe el nombre de

climaterio. Los frutos de chirimoya son clasificados como climatéricos y presentan aumento de la actividad respiratoria y de la producción de etileno durante la maduración. Su producción de etileno se considera alta en función que es mayor a $100 \mu\text{l kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, similar a muy alta ($> 100.0 \mu\text{l kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) en este rango se encuentra la chirimoya, mamey (*Pouteria sapota*), níspero (*Eriobotrya japonica*) y zapote (*Dyospyrus nigra*) (Cerde et al., 2007).

En chirimoya, la producción de etileno es un evento tardío, la maduración está asociada con ablandamiento del fruto, incremento de sólidos solubles y acidez titulable. Es un fruto con alta producción de etileno, y a la vez es muy sensible al etileno producido por otras frutas de la misma u otras especies; por consiguiente no se debe almacenar con frutas muy maduras si se requiere que la maduración sea más lenta. La tasa de producción de etileno en chirimoya va de 100 a $300 \mu\text{l kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ a 20°C (Cerdas et al., 2007). Entretanto, al contrario de la mayoría de los frutos de la familia anonaceae, la chirimoya y atemoya presenta dos máximas de actividad.

Como las anonas presentan frutos compuestos, constituidos por el desarrollo agregado de múltiples carpelos, se ha pensado inicialmente que los dos máximos de respiración puede ser atribuido a diferencias en las edades fisiológicas de los tejidos de los diferentes carpelos en desarrollo. Pero, estudios realizados por Bruinsma y Paull (1983) han indicado que el aumento respiratorio inicial se debía al aumento en la respiración mitocondrial promocionado de un incremento en el suministro de sustratos carboxilados, inducido, probablemente por el acto de la cosecha. Además, producción de etileno generalmente sólo empieza a ser detectada cuando ya ocurrió el primer pico de CO_2 (Lima et al., 2003). En frutos climatéricos, en general, el máximo respiratorio es precedido o coincide con el máximo de etileno.

El proceso de maduración se produce durante la respiración climatérica, con algunas modificaciones en la composición química, lo cual genera notables cambios en el sabor y disminución en la firmeza de la pulpa (Mosca et al., 1997). La chirimoya presenta climaterio 5 días después de la cosecha, y un segundo después de 10 días, en este periodo, los frutos alcanzan su máxima expresión sensorial. En el cultivar Fino de Jete, demostraron una coincidencia temporal entre producción de etileno y alteraciones fisicoquímicas. La alta producción de etileno se observó en temperaturas de 15 a 20 °C y fue disminuido en 30 a 35 °C; el número de días requerido para la maduración del fruto en temperaturas de 15 a 20 °C fue de 9 a 11 días, la óptima temperatura de maduración fue de 15 a 20 °C (Lima et al., 2003).

3.8.2. Cambios hídricos.

El agua juega un papel muy importante en la maduración y senescencia de la chirimoya. El tiempo de ablandamiento longitudinal es el mejor indicador del estado de agua, ya que proporciona información sobre los contenidos y la disponibilidad de agua. El valor del tiempo de ablandamiento transversal generalmente no determina el contenido de agua, pero se ha observado que existe una buena correlación entre el tiempo de ablandamiento longitudinal y el contenido de agua libre. La forma de medir el contenido y dinamismo de la interacción del agua en fruta de chirimoya durante la maduración es mediante imagen de resonancia magnética y escaneo de diferencial calorimétrica. Por consiguiente, la determinación del estado de agua en los tejidos de la fruta deberían ser excelentemente aprovechados para un análisis integral de los cambios bioquímicos y metabólicos que ocurren en el curso de maduración (Goñi et al., 2009).

3.8.3. Azúcares totales.

En la mayoría de las plantas, el almidón es el principal carbohidrato de reserva. En los frutos u órganos de almacenamiento, el almidón se acumula en los amiloplastos, en los cuales se forma después de la translocación de sacarosa u otro carbohidrato proveniente de las hojas. En la mayoría de los frutos climatéricos, como la chirimoya, el carbono se almacena durante el desarrollo del fruto en forma de almidón para ser hidrolizado después de la cosecha, produciendo sacarosa y posteriormente convertido a glucosa y fructosa por acción de la invertasa. Durante la maduración de chirimoya ‘Fino de Jete’, las paredes celulares se degradan y al mismo tiempo ocurre hidrólisis masiva de almidón. Un análisis de microscopía de barrido revela que las células del mesocarpio están completamente ocupadas con almidón inmediatamente después de la cosecha, pero conforme avanza la maduración, los gránulos de almidón se van reduciendo por completo al término de seis días. La concentración en el tejido se redujo desde 120 mg g^{-1} al momento de cosecha hasta cero al día cuarto después de la cosecha (Sola et al., 1994).

En otro estudio realizado también en ‘Fino de Jete’ por Martínez et al. (1993), el contenido de almidón también declinó drásticamente desde 40.9 a $20.7 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ al primer y segundo día de la cosecha. Después, la degradación se mostró más lenta alcanzando concentraciones de $4.9 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ al quinto día después de la cosecha; al mismo tiempo se observó incremento en la concentración de azúcares indicando la hidrólisis de almidón en azúcares durante la maduración. La glucosa y fructosa están distribuidas en todo el fruto, mientras que la sacarosa solo está presente en aproximadamente dos tercios de éste. La chirimoya difiere de algunos otros frutos en la

proporción de azúcares solubles, después del incremento pasajero de sacarosa, está se hidroliza por acción de la invertasa produciendo glucosa y fructosa. En estudios realizados en ‘Fino de Jete’ y ‘Bronceado’ por Morales et al. (2014), cuando a los frutos se les aplicó resveratrol 8 y 15 días antes de la cosecha en dosis; 0, 0.016, 0.16 y 1.6 mM, existieron diferencias en los contenidos de azúcares reductores por las particularidades intrínsecas de cada cultivar. Los frutos de ‘Fino de Jete’ al primer día después de cosecha, presentaron mayor contenido de azúcares reductores que los frutos de ‘Bronceado’. En ambos cultivares, al séptimo día después de cosecha, los azúcares reductores se incrementaron al doble en relación al primer día de cosechados; y, a los 15 de cosechados, este incremento continuo en menor cantidad, hasta alcanzar valores promedios 47 de 16.5 y 15.5 μ del peso fresco, respectivamente, para ‘Fino de Jete’ y ‘Bronceado’, respectivamente.

Con la aplicación de 1.6 mM de resveratrol 8 días antes de la cosecha, en los frutos de ‘Fino de Jete’ a los 15 de cosechados se observó la única diferencia estadística, con menor cantidad de este metabolito en relación, exclusivamente, al control (0 mM de resveratrol). Esta diferencia fue del 2 %, lo cual implica una menor dulzura por la aplicación de 1.6 mM de resveratrol y posiblemente sea explicada por un efecto inhibitorio o retardante del proceso de maduración de este estilbeno sobre las chirimoyas. En ‘Bronceado’ fue menor la cantidad de azúcares reductores en los frutos tratados con 1.6 y 0.16 mM de resveratrol en relación a los otros dos tratamientos, solamente en el primer día después de cosechados y en los frutos tratados 8 días antes de la cosecha. Posiblemente las diferencias genéticas de los cultivares explique que resveratrol afectó ligeramente la calidad de pulpa solo en ‘Fino de Jete’.

3.8.4 Ácidos orgánicos.

En chirimoya, en la cual se observó un incremento de la acidez titulable durante la maduración (Palma et al., 1993; Merodio y De la Plaza, 1997) el ácido málico es el que contribuye en mayor proporción al incremento de acidez. Estudios histológicos indican la presencia de grandes vacuolas en tejido de chirimoya que puede actuar como reservorio temporal del ácido málico sintetizado. En chirimoya ‘Fino de Jete’ se encontraron incrementos considerables en el contenido de ácidos orgánicos al tercer día después de cosechados, proporcionando características sensoriales ácidas del fruto y contribuyendo al descenso del pH. En estudios más específicos de acidez, se reportó que la chirimoya ‘Fino de Jete’ muestra metabolismo activo de malato conectado con alta acidez titulable y bajo valor de pH 4.8 citoplasmático inmediatamente después de la cosecha, y al primer día se observó ligera caída de acidez titulable asociado a la reducción de síntesis de ácido málico y alcalinización del pH citoplasmático.

En estudios realizados en cultivar Fino de Jete, al momento de ser cosechados se obtuvieron valores de 293.8 mg kg⁻¹ de ácido ascórbico y 15 días después de cosechados disminuyó a 141.4 mg kg⁻¹. De la misma manera la disminución de ácido ascórbico fue de 294.8 a 165.2 mg kg⁻¹ en chirimoya ‘Bronceada’. Los resultados obtenidos en estos estudios se observó un decremento de hasta 52 y 56 % de ácido ascórbico para ‘Fino de Jete’ y ‘Bronceada’ respectivamente desde el primer día después de cosechados hasta 15 días de almacenamiento (Morales et al., 2014).

3.8.5. Daños por frío.

El daño por frío, es un daño fisiológico permanente e irreversible a los tejidos vegetales, órganos o células. Los daños por frío en el almacenamiento de frutas, se pueden clasificar en dos grandes grupos: los daños por frío al someter el producto a temperaturas cercanas pero superiores a su punto de congelación, y daños por congelación. Normalmente, los frutos traen un microempaque natural constituido por el pericarpio, la cual les sirve de protección y regula factores tan importantes como el intercambio de gases metabólicos, transpiración de humedad, volatilización de compuestos aromáticos y resistencia los daños por frío (Barreiro y Sandoval, 2006).

La tolerancia al daño por frío viene determinada principalmente por la capacidad para evitar alteraciones en la estructura y conformación de las membranas celulares mediante cambios en la composición de las biomembranas y acumulación en el citosol de moléculas osmoprotectoras y crioprotectoras que actúan manteniendo la turgencia y protegiendo las macromoléculas y estructuras celulares. En chirimoya, el tratamiento con altas concentraciones de CO₂ por 3 días incrementa la tolerancia al daño por frío durante la conservación a bajas temperaturas retrasan los daños por frío causados en este fruto por la conservación a bajas temperatura (Merodio y De la Plaza, 1997; Maldonado et al., 2002).

Aunque numerosos cambios bioquímicos han sido correlacionados con el aumento en la tolerancia al daño por frío aún no se ha establecido cuál de ellos son adaptaciones a las bajas temperaturas y cuales desempeñan un papel funcional en la resistencia a la conservación a bajas temperaturas.

3.8.6. Oxidación y oscurecimiento de cáscara y pulpa

El oscurecimiento enzimático tiene lugar en muchos tejidos vegetales, cuando el tejido vegetal es cortado, golpeado o aplastado, existe una disrupción a nivel celular y una exposición de los sustratos de tipo fenólico al oxígeno del aire, siendo convertidos por vía enzimática a melaninas, que son compuestos oscuros de color marrón y caracterizan a este tipo de oscurecimiento. Existen diversos tipos de compuestos fenólicos en la frutas que pueden actuar como sustrato para la reacción de oscurecimiento enzimático, entre los cuales se pueden citar; L-tirosina, catecol, ácido cafeico, ácido clorogénico, 3-4, dihidroxifenilalanina, ácido gálico, floroglucinol, hidroquinonas, antocianinas, flavonoides, ácido protocatecuico, guayacol y ácido felúrico, entre otros (Artés y Artés-Hernández, 2002).

La reacción de oscurecimiento se desarrolla con la conversión de un compuesto fenólico presente en el tejido vegetal en una quinona. Este tipo de oscurecimiento se suele dar en epicarpio, pulpa, jugos, concentrados y vegetales deshidratados. Las fenolasas se conocen con diversos nombres, tales como polifenol oxidasa, fenolasas, polihenolasas y polifenolasas (Barreiro y Sandoval, 2006).

El oscurecimiento en frutos se puede controlar o reducir empleando cualquiera de las técnicas para inactivar enzimas o para reducir su actividad; tratamiento térmico o escaldado, aplicación de compuestos azufrados, remoción de oxígeno como empacado al vacío, aplicación de ácidos y reducción del pH, reducción de temperatura y uso de boratos como ácido bórico (Barreiro y Sandoval, 2006), y 6-bencil amino purina (Morales et. al.; 2015).

La chirimoya es una fruta atractiva para ser usado en alimentos procesados, sin embargo una vez cosechada y almacenada a temperatura ambiente, se oscurece rápidamente. El proceso del oscurecimiento por proceso enzimático dificulta el almacenamiento y la industrialización de esta fruta. La principal enzima responsable del bronceado, es la polifenol oxidasa (PPO). La PPO inicialmente cataliza la hidroxilación de monofenoles a odifenoles a través de la actividad cresolasa-monofelasa y la subsiguiente oxidación de aquellos o-difenoles para los correspondientes o-quinones por la actividad de catecolasadifenolasa.

Las quinonas formadas parecen interactuar con compuestos similares formando pigmentos negro, marrón y rojos, este fenómeno puede ser interpretado como una respuesta de estrés de los tejidos vegetales. Se han realizado estudios de aislamiento y caracterización de bronceado enzimático en chirimoya de origen español, encontrándose que precisamente la monofenolasa y difenolasa son los sitios del desencadenamiento del bronceado de la chirimoya. Estas investigaciones han permitido definir el destino del uso de estos frutos (Prieto et al., 2007)

3.8.7. Enzimas que intervienen en la degradación del fruto

La progresiva pérdida de firmeza en los frutos es consecuencia de la maduración normal, desde el preclimaterio hasta el posclimaterio. Esta pérdida está relacionada con liberación del agua ligada y desintegración del tejido, la cual está estrechamente relacionada con la alteración enzimática de la laminilla media y pared celular compuestos por polisacáridos como almidón, pectinas, celulosa y hemicelulosa debido a acciones enzimáticas y también en cambios en la permeabilidad de la membrana y la cantidad de espacios intercelulares (Carpita y Mc Cann, 2000).

El principal fenómeno relacionado con el ablandamiento es la solubilización progresiva y despolimerización de las sustancias pécticas de la pared celular. Las pectinas solubles son modificadas y despolimerizadas bajo la acción de algunas enzimas pectinolíticas como: pectinmetilesterasa (PME), pectinliasas (PEL), poligacturonasa (PG) y la actividad celulolítica (CEL) (Morales, 2015).

3.8.8. Pectinmetilesterasa (PME)

PME ha sido consecuentemente relacionada con la degradación de las sustancias pécticas de la laminilla media de la célula, componente de la pared celular que actúa como agente cementante o ligando entre las células y puede también controlar los movimientos de materiales solubles (Carpita y Mc Cann, 2000).

El análisis de la actividad enzimática relacionados con el ablandamiento del fruto en saramuyo (*A. squamosa* L.) reveló que la actividad de PME disminuyó durante la maduración, siendo significativamente mayor en el primer día después de la cosecha ($183.6 \text{ mg metoxilos g}^{-1} \text{ min}^{-1}$). Estos resultados permiten sugerir que los cambios en textura de los frutos de saramuyo están controlados inicialmente por una elevada actividad de PME que favorece la desesterificación de las pectinas y prepara el sustrato para la hidrólisis que posteriormente efectuará la enzima poligalacturonasa (Bolívar-Fernández et al., 2009).

3.9. Extractos vegetales

La obtención de extractos vegetales y el estudio de sus compuestos activos, propician su empleo contra diferentes patógenos en postcosecha para controlar enfermedades en productos hortofrutícolas (Hernández et al., 2007). El proceso de obtención de extractos

a partir de diferentes materiales vegetales (flores, brotes, semillas, hojas, ramas, corteza, hierbas, madera, frutos y raíces) es variable; pudiéndose obtener extractos acuosos (Bautista et al., 2002), polvos o utilizar otros disolventes para extraer diferentes compuestos (Abou-Jawdah et al., 2002).

En la actualidad existen diversos extractos vegetales que han sido estudiados con éxito (Wilson et al., 1997; Ribeiro y Bendendo, 1999; Ficker et al., 2003; Ferreira et al. 2005) y han demostrado efectividad contra diferentes hongos fitopatógenos. Entre los diversos extractos estudiados puede mencionarse al ajo (*Allium sativum* L.), acuyo (*Piper auritum* HBK), guayaba (*Psidium guajava* L.), eucalipto blanco (*Eucalyptus globulus* Labill.) (Baños et al., 2004); duraznero (*Prunus persica* L.), guamúchil (*Pithecellobium dulce* Roxb. Benth), chicozapote (*Acharas sapota* L.), chirimoya, zapote blanco (*Casimiroa adulis* Llav. Et Lex), limón (*Citrus limon* L.), tejocote (*Crataegus mexicana* Moc. Et Sess), papaya (*Carica papaya* L.), aguacate (*Persea americana* L.), ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) (Bautista et al., 2002).

Los extractos vegetales han demostrado ser efectivos en el manejo de fitopatógenos, sin embargo, es escasa la información relacionada con el efecto de estos sobre las características físicas y químicas de la calidad de los frutos

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del huerto experimental

El presente trabajo se realizó en una huerta comercial de chirimoya ‘Bays’ ubicada en Achichipico, municipio de Yecapixtla, estado de Morelos cuyas coordenadas se ubican en 18° 53’ 62” latitud norte, 98° 52’ 75” latitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud promedio de 1,580 m.

4.2. Material vegetal

Para la obtención del extracto acuoso se siguió la metodología utilizada por Widmer y Laurent (2006) con algunas modificaciones. Para ello, 1000 g de hojas se colocaron en un matraz erlenmeyer de 2000 mL con 1300 mL de agua corriente. Posteriormente, se colocó en autoclave durante 45 min a 121°C a 1 atm. Inmediatamente, se filtró a través de gasa y el extracto se redujo a 1000 mL en mechero de Bunsen.

Posteriormente, a los frutos de chirimoya ‘Bays’ se les aplicó periódicamente el extracto de *Cissus tiliacea* a intervalos de 25 días a partir del amarre, así cada 25 días hasta la última aplicación 8 días antes de la cosecha. La aplicación se realizó con bomba aspersora manual, rociando el árbol hasta punto de goteo.

El fruticultor cooperante realizó control de plagas y enfermedades de la manera usual. Posteriormente, los frutos fueron colectados en madurez comercial y trasladados al laboratorio de horticultura de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México para realizar los análisis correspondientes.

4.3 Almacenamiento

Las chirimoyas se refrigeraron por tres días a 6°C. Posteriormente, se colocaron a temperatura ambiente para realizar las pruebas que determinaron su calidad de anaquel:

- Pérdida de peso del fruto

La pérdida de peso se registró cada tercer día y se transformó a porcentaje para construir la cinética del peso, tomando en cuenta que después del almacenamiento el primer día fue considerado como el 100% de peso.

- Firmeza

La firmeza y deformación de cáscara fue evaluada con un texturómetro TA.XT. plus de Stable micro systems, con una punta probeta cilindro p/4SSE de 4 mm de diámetro para firmeza y una punta probeta cilindro p/50AL de 50mm para compresión. Con un software de Stable miscro sistema Exponent. A una velocidad de 2 mm por segundo. Los resultados se reportaron en Newton (N)

- Color

Se determinó con un fotocolorímetro Konica Minolta (Japón), realizando tres “disparos” en diferentes puntos del fruto. Se midió el color en al menos cinco frutos por día, y los valores se reportaron en L*, a*, b*, c y h.

- Solidos solubles totales

Se midieron en un refractómetro Atago, adicionando jugo de la pulpa en el lector. Los valores se expresaron en °B.

- Acidez titulable

La acidez se determinó pesando 2g de pulpa macerados con 15 ml de agua destilada, y se agregaron 5ml de la solución en un matraz Erlenmeyer, a cada matraz se le agregaron 4 gotas del indicador fenolftaleína y se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) al 0.01 N.

- Azúcares totales

Para la determinación de azúcares totales, se utilizó el método de antrona descrito por Witham *et al.* (1971) citado por Franco-Mora *et al.* (2010).

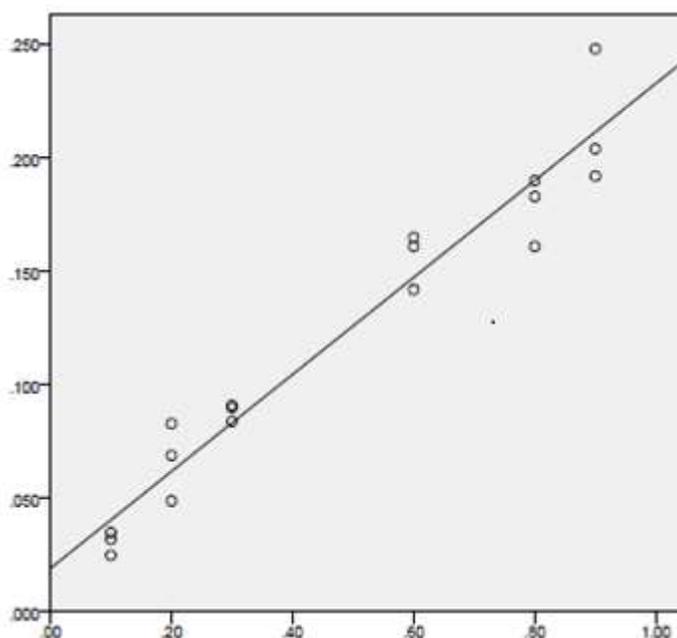


Figura 1. Curva patrón para determinar azúcares totales en frutos de chirimoya.

- Ácido ascórbico

Se determinó de acuerdo el método de yodimetría de acuerdo a la metodología reportada por Ciancaglini (2001).

- Compuestos fenólicos

Para la determinación de compuestos fenólicos se utilizó el método folin ciocalteu descrito por Waterman (1994) citado por Franco-Mora (2000).

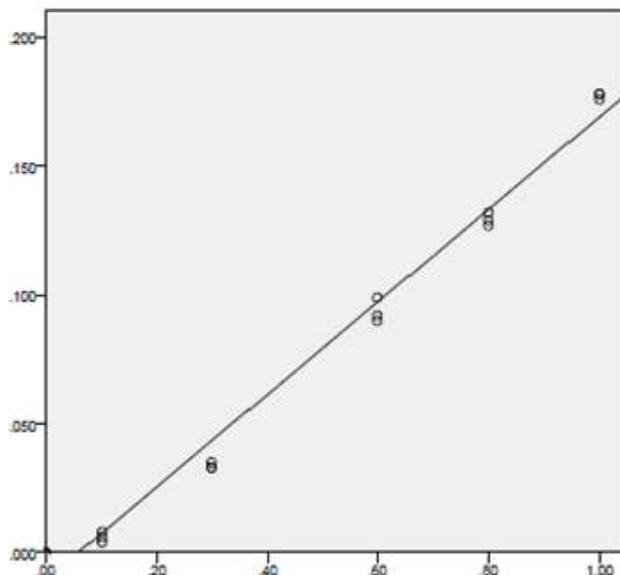


Figura 2. Curva patrón para determinar compuestos fenólicos en frutos de chirimoya.

4.4 Análisis estadístico

Todas las pruebas se llevaron a cabo en un diseño completamente al azar. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para todas las variables y cuando el valor de F fue significativo, se compararon las medias de Tukey a un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. Las salidas se realizarán con el software SPSS (Statistical package social science) versión 13. Las gráficas se elaborarán con el paquete Sigma Plot 2010.

V. RESULTADOS Y DICUSIÓN

5.1 Pérdida de peso del fruto

De acuerdo a los resultados obtenidos en pérdida de peso, los frutos tratados con extractos de *Cissus tiliácea*, en comparación con el control, presentaron diferencia significativa ($P < 0.05$) a los 4, 8 y 12 días de almacenamiento. Los tratados presentaron pérdida de peso al día 4 de 2.9% y de 3.3% en el control. Para el día 8 continuó la misma tendencia para ambos, el control con pérdida de peso de 10.6% mientras que para los tratados perdieron 9.9% de su peso inicial. Al día 12 de almacenamiento, el control tuvo una pérdida de 18.2% y los tratados de 16.8% (Figura 3).

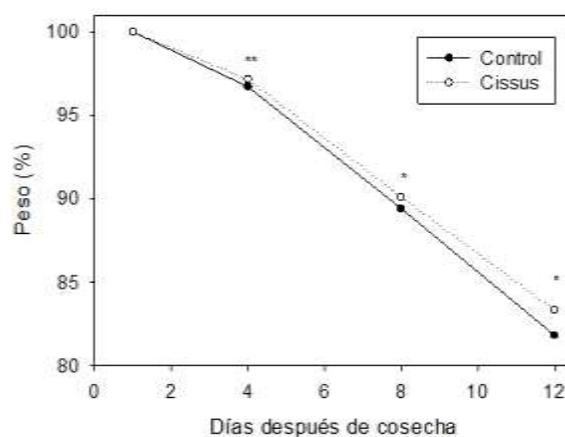


Figura 3. Pérdida de peso de frutos de chirimoya cv Bays tratados periódicamente en precosecha con extractos de *Cissus tiliacea* y almacenados a temperatura ambiente. Los datos son la media de 5 repeticiones. * significativo a 0.05; ** significativo a 0.01 con la prueba t de student.

Morales (2014) menciona que los frutos de chirimoya ‘Fino de Jete’ tratados con resveratrol (RVS) 15 días antes de la cosecha (DAC) mostraron menor pérdida de peso

que el control ($P < 0.05$) y, cuando se aplicó RVS 8 DAC, los frutos tratados no mostraron diferencias significativas. Rebolledo (2013) menciona que la aplicación de extractos naturales para el control de la fumagina en mango ‘Manila’ no afectó la pérdida de peso. La transpiración y el consumo de sustratos, son la razón de la pérdida de peso de los frutos durante la maduración en poscosecha. La pérdida de agua libre es una de las principales causas de deterioro, ya que se originan pérdidas cuantitativas directas, así como pérdidas cualitativas relacionadas con el aspecto, pérdida de brillo y de turgencia, cambios en la textura y consistencia de la fruta y en el valor nutricional (Yirat et al., 2009). La aplicación de extractos naturales de *Cissus tiliacea* redujo la pérdida de peso en frutos de chirimoya en relación al control, posiblemente haya existido una limitación en el proceso de transpiración.

5.2. Firmeza

No existió diferencia significativa en la firmeza de pulpa entre los frutos control y las chirimoyas tratadas con extractos de *Cissus tiliaceae*. Sin embargo, para el caso de la firmeza de cáscara y la compresión del fruto, los extractos disminuyeron el ablandamiento para el día 12 después de cosecha (Figura 4). Morales *et al.* (2014) reportaron que frutos de chirimoya tratados con 1.6 mM de RVS a los 15 DAC, presentaron reducción ($P < 0.05$) en la pérdida de firmeza del fruto (7.5 y 5.7 %) y cáscara (9 y 3 %) en ambas fechas de aplicación en relación al control. Para este trabajo, no se determinó la presencia concreta de RVS en los extractos de *C. tiliacea*; sin embargo, alguno de sus componentes ejerció un efecto inhibitorio de la degradación de la pared celular, lo cual se reflejó en disminución de la tasa de ablandamiento. Los extractos de *C. tiliaceae* redujeron 24% el ablandamiento presente en el día 12 después

de corte, en relación al control. Mientras que en compresión, existió reducción del 6% por efecto del extracto vegetal en función de los frutos control.

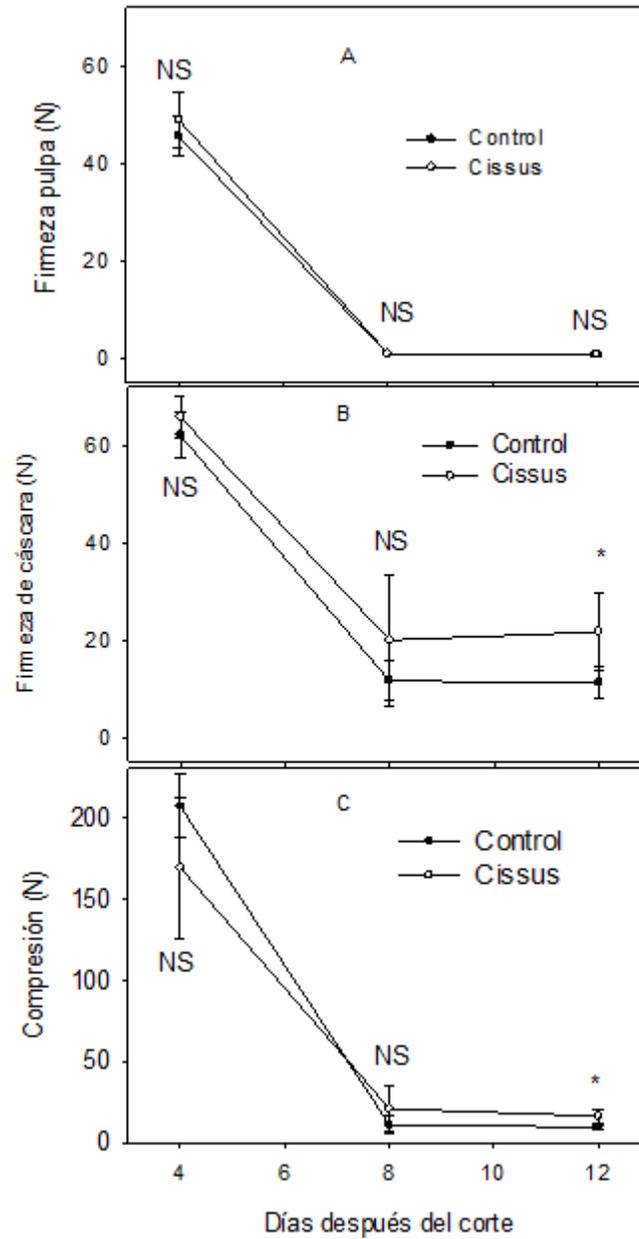


Figura 4. Firmeza de frutos de chirimoya 'Bays' tratados periódicamente en precosecha con extractos de *Cissus tiliacea* y almacenados a temperatura ambiente. Los datos son la media de 5 repeticiones. * significativo a 0.05; NS no significativo con la prueba t de student.

Franco-Mora et al. (2015) encontraron que RVS redujo el ablandamiento tanto de pulpa como de cáscara en dos cultivares de chirimoya. En este caso, al no existir efecto en la pulpa, se puede asumir que no existió una filtración de la cáscara a la pulpa, del metabolito del extracto que disminuyó el ablandamiento de la cáscara y la deformación del fruto. La reducción del ablandamiento de la cáscara y la deformación en frutos tratados con extractos de *C. tiliacea* realza el potencial de esta especie para su uso en técnicas que busque alargar la vida postcosecha de frutas. Se deben buscar alternativas que mejoren el efecto mostrado en este trabajo, ya que es deseable que el efecto inhibidor de la tasa de ablandamiento se de en los días inmediatamente posteriores a la cosecha (Morales et al., 2015). La mejora de este efecto potencializará el manejo y la transportación de esta fruta; que en la actualidad presenta pérdidas cercanas al 40 % de la producción (Cerdas *et al.*, 2007) por el mal manejo postcosecha.

5.3. Color

Los resultados obtenidos en el color de los frutos indicaron que los frutos control presentaron mayor luminosidad, fueron más verdes y con mayor croma ($P < 0.05$), que los frutos tratados con extractos de *Cissus tiliacea* a los días 1, 4 y 8 después del corte (Figura 5). En este caso, existió efecto negativo de la aplicación de este producto, por lo cual, para ser considerado una real posibilidad de uso, se debe eliminar este efecto negativo del extracto vegetal. Morales et al. (2015) recomendó la aplicación de 6-Bencil aminopurina para mantener el color verde de las chirimoyas, producto que tuvo éxito solo o incluso mezclado con RVS (Franco-Mora et al., 2015).

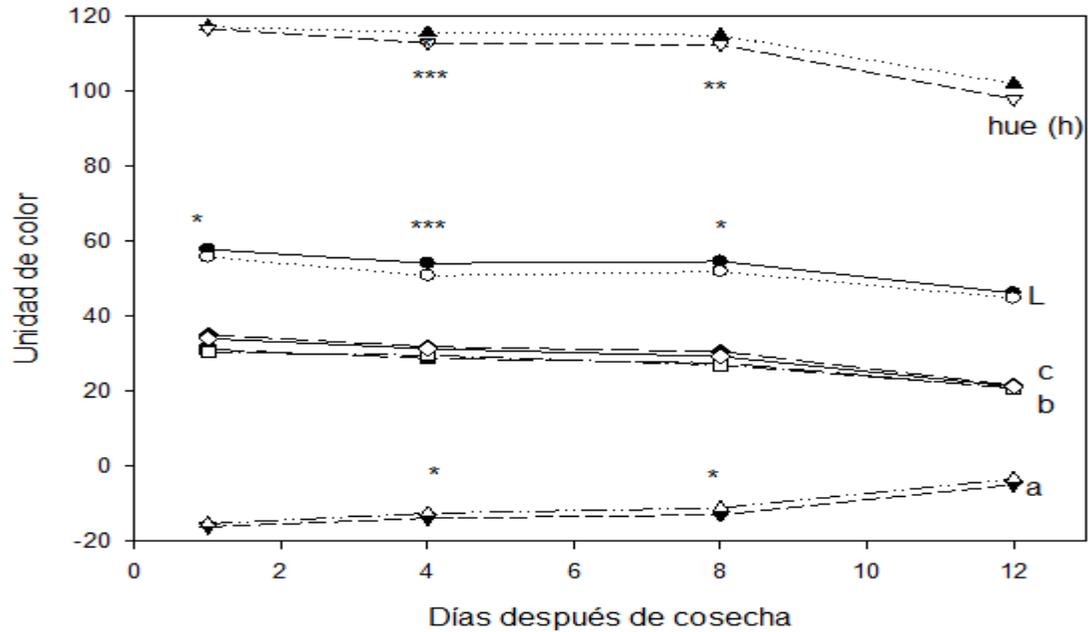


Figura 5. Valores de los factores de color de frutos de chirimoya ‘Bays’ tratados periódicamente en precosecha con extractos de *Cissus tiliacea* (en negritas) y el control (en blanco) y almacenados a temperatura ambiente. Los datos son la media de 5 repeticiones. * significativo a 0.05; ** significativo a 0.01; *** significativo a 0.001 con la prueba t de student.

5.4. Sólidos solubles totales

De los 4 a los 8 días de almacenamiento el contenido de sólidos solubles totales fue estadísticamente igual entre ambos tratamientos. Sin embargo, a los 12 días después de cosecha, el contenido de SST fue mayor en los frutos control (Figura 6).

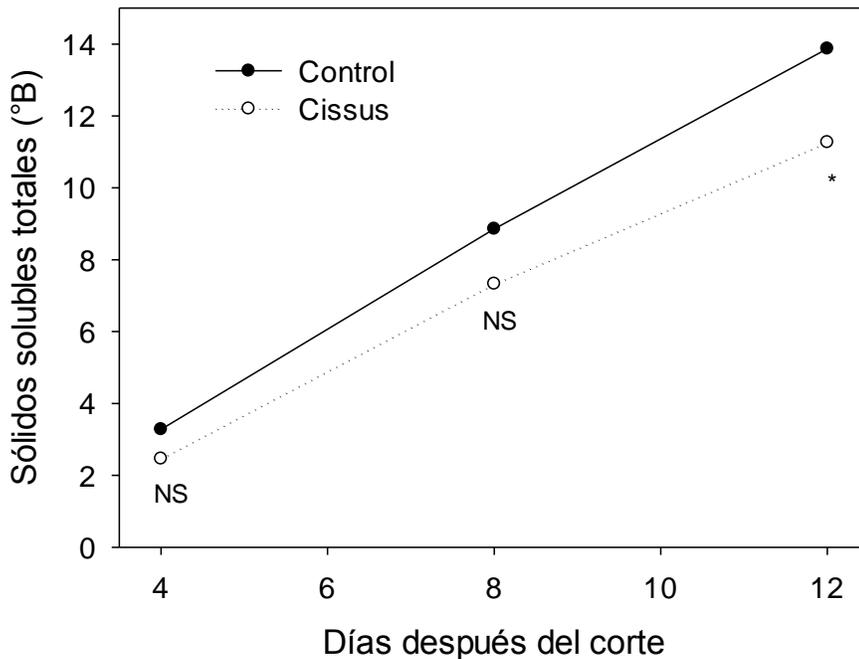


Figura 6. Contenido de sólidos solubles totales de frutos de chirimoya ‘Bays’ tratados periódicamente en precosecha con extractos de *Cissus tiliacea* y almacenados a temperatura ambiente. Los datos son la media de 5 repeticiones. * significativo a 0.05; NS, no significativo con la prueba t de student.

El menor contenido de SST puede estar relacionado al menor ablandamiento de la fruta, en este sentido con la menor tasa de maduración que se asume pueden tener los frutos tratados con extractos de *C. tiliaceae*.

5.5. Acidez titulable

No se encontraron diferencias significativas en el contenido de acidez titulable (Figura 7) y en ambos tratamientos se observó un incremento en dicho contenido de corte a 12 días después de corte. Sin embargo, los frutos tratados con extractos de *Cissus tiliacea* del día 6 al 8 presentan disminución de acidez para después, en el día 12, presentar aumento en su acidez.

Jiménez et al. (2016) reportaron que finalmente la acidez titulable tuvo en promedio 0.7%, con altos valores en el coeficiente de variación (26.8%). Estos valores son menores a los valores de 0.92-1.00 en frutos de guanábana de Brasil (Do Sacramento *et al.*, 2003) pero similares a los reportados por Márquez *et al.* (2012) para guanábanas de Colombia. La maduración de la fruta es acompañada por cambios en los ácidos orgánicos, estos alcanzan su máximo durante el crecimiento y desarrollo de la fruta en la planta. La maduración presupone un descenso de la acidez, debido a que los ácidos orgánicos son degradados o bien convertidos a azúcares disminuyendo su concentración en el curso de la misma siendo este incremento en el contenido de azúcares responsable de la dulzura de las frutas (Salazar y Melgarejo, 2005), sin embargo, durante la maduración se espera una disminución del porcentaje de acidez contrario a lo observado en los frutos que presentaron un aumento de los valores de esta variable, este tipo de comportamiento, algunos autores (Alique y Zamorano 2000) mencionan que es natural en frutos tropicales donde aumentan los ácidos orgánicos durante la maduración.

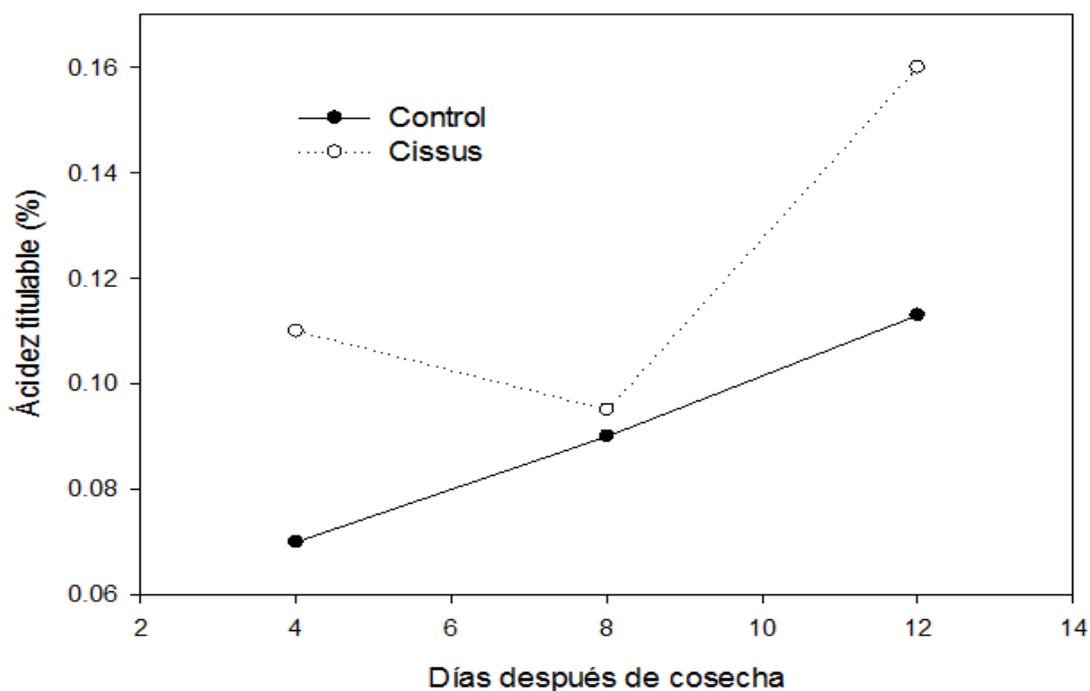


Figura 7. Acidez titulable de frutos de chirimoya cv ‘Bays’ tratados periódicamente en precosecha con extractos de *Cissus tiliacea* y almacenados a temperatura ambiente. Los datos son la media de 5 repeticiones.

5.6 Vitamina C

El contenido de vitamina C se redujo durante el almacenamiento y no se observaron diferencias significativas en el contenido de vitamina C. Los valores de vitamina C fluctuaron entre 0.0006 g/L para el control y 0.0007 mg/g para los tratados (Figura 8). Castro et. al., (2013) encontraron que el contenido de vitamina C en *Myrciaria dubia* varía según los gradientes de concentración de 36 a 42 g/L en frutos verdes. El ácido ascórbico es uno de los micronutrientes más relacionados con las frutas, esta vitamina es sensible a la oxidación química y enzimática. Durante la maduración el contenido de ácido ascórbico disminuye a medida que avanza el tiempo de almacenamiento, esto es

atribuido a la conversión del ácido α -ascórbico al ácido dehydroascorbico, disminuyendo la forma activa de ascórbico (Nazmy *et al.*, 2012).

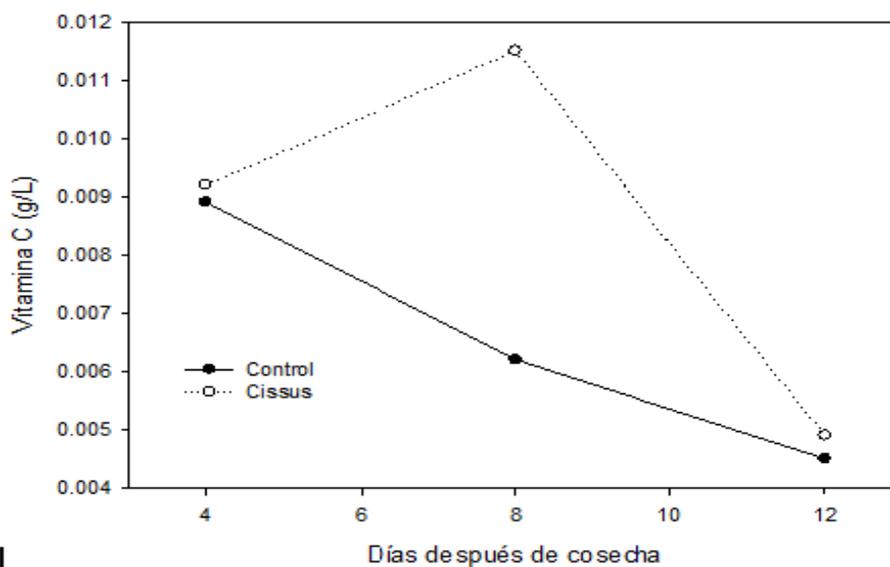


Figura 8. Vitamina C de frutos de chirimoya ‘Bays’ tratados periódicamente en precosecha con extractos de *Cissus tiliacea* y almacenados a temperatura ambiente. Los datos son la media de 5 repeticiones.

5.7 Compuestos fenólicos

No se presentó diferencia significativa en el contenido de compuestos fenólicos durante el almacenamiento postcosecha. Los contenidos de fenoles fluctuaron entre 0.26 y 0.70 mg/g en el control y 0.37 a 1.17 mg/g para los tratados con *Cissus tiliacea*, presentándose el mayor contenido en el control al día 4, mientras que en los tratados el mayor contenido fue en el día 12. Sin embargo, durante el almacenamiento, mientras en los frutos control no existió fluctuación en el contenido de estos compuestos fenólicos; en los tratados con *C. tiliacea* se observó un incremento en el contenido de compuestos fenólicos. Posiblemente esto se relacione con el mayor bronceado que se presentó en los

frutos tratados con *C. tilacea* ya que en cuanto al ablandamiento y color no se observa una relación.

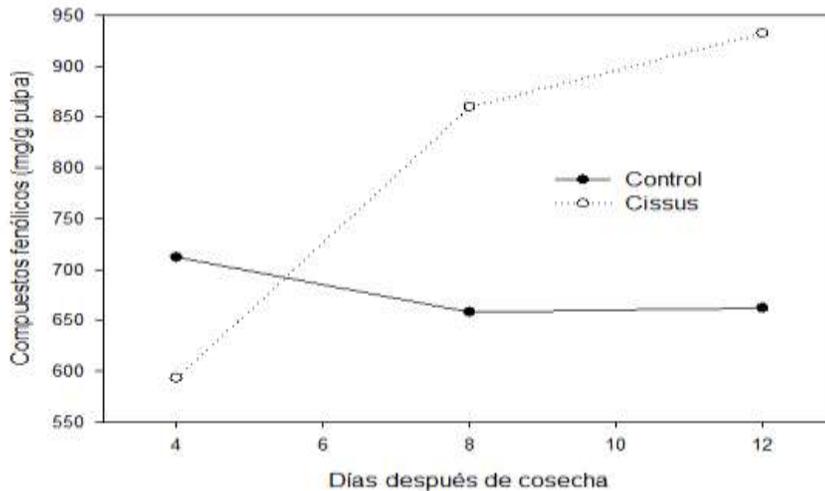


Figura 9. Compuestos Fenólicos de frutos de chirimoya cv 'Bays' tratados periódicamente en precosecha con extractos de *Cissus tiliacea* y almacenados a temperatura ambiente. Los datos son la media de 5 repeticiones.

Strail *et al.* (2007) afirman que el contenido de compuestos fenólicos depende de factores como lo son, la variedad, el cultivar, la estacionalidad, el contenido de nutrientes, métodos de almacenamiento y estados de madurez del fruto. La concentración y el tipo de sustancias fenólicas en las frutas dependen de varios factores; variedades, madurez y temporada; factores ambientales, como el tipo de suelo y el clima; factores genéticos, y procesamiento y los métodos de extracción. Además, la polaridad del disolvente, que es polar juega un papel clave en el aumento de la solubilidad de los compuestos fenólicos (Naczki y Shahidi, 2006).

VI. CONCLUSIONES

La aplicación de extractos vegetales acuosos de hojas de *Cissus tiliacea* Kunth (1/1 p/v) a frutos de chirimoya, desde los 25 días después del amarre y periódicamente cada 25 días hasta 8 días antes de la cosecha, tuvo efectos positivos al disminuir 24% la tasa de ablandamiento de la cáscara y 6% la compresión en relación a los frutos control. De manera similar, disminuyó de 0.4 a 2.0% la pérdida de peso. Por otro lado, los frutos control, presentaron mejores características de color, esto por su mayor luminosidad, color verde y croma. Los frutos control presentaron, después de 12 días de cosecha, mayor contenido de sólidos solubles totales, en relación a los frutos tratados con *C. tiliacea*, lo cual pudiera estar relacionado con una menor tasa de maduración, reflejada en menor ablandamiento de la fruta. El contenido de compuestos fenólicos, acidez titulable, y vitamina C no presentaron diferencias significativas.

La aplicación de extractos vegetales acuosos de hojas de *Cissus tiliacea* en frutos de chirimoya muestra potencial como alternativa para mejorarla vida poscosecha al tener un efecto favorable sobre la firmeza, el color y el peso, por lo que se sugiere seguir evaluando la aplicación de estos extractos en dosis mayores o en épocas diferentes para mejorar la calidad poscosecha de chirimoya.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Abou, J. Y.; Karakashian, A.; Sobh, H.; Martini, M.; Lee, I.M. 2002. An epidemic of almond witches' broom in Lebanon: classification and phylogenetic relationship of the associated phytoplasma. *Plant Disease*, 86: 477-484.

Alique, L. R.; Zamorano, R. 2000. Productos vegetales: regulación de los procesos fisiológicos postrecolección. En: Lamúa M, Edición Aplicación del frío a los alimentos. Madrid Vicente, Ediciones y Mundi-Prensa España, pp 69-104.

Alique, R., and Oliveira G.S. 1994. Changes in sugars and organic acids in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit under controlled atmosphere storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 42:799-803.

Andrés, J.A. 1997. El cultivo del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) en el estado de Michoacán, México. *American Society for Tropical Horticulture*. 41: 152-161.

Artés F.; Escalona, V.H.; Artés, H. F. 2002. Quality and physiological changes of fennel under controlled atmosphere storage. *European Food Research & Technology*. 214(3): 216-220

Baraona, M. 2000. Jocote, Anona y Cas: Tres frutas campesinas de América. Heredia, C.R., EUNA, 151 p.

Barreiro, M, J.A.; Sandoval, B. A. J. 2006. Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Editorial Equinoccio. Universidad Simón Bolívar, Caracas. 343 Pp.

Bautista, A. R.; Elizalde, C. 2002 Diversidad de reptiles en tres tipos de vegetación del estado de Hidalgo, México. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Apartado postal 1-69 Plaza Juárez 42001 Pachuca, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 458-467, 2012

Bautista, S.; Barrera L. N.; Bravo L. L.; Bermúdez, K. T. 2002. Antifungal activity of leaf and stem extracts from various plant species on the incidence of *Colletotrichum gloeosporioides* of papaya and mango fruits after storage. *Rev. Mex. Fitopatol.* 20: 8-12.

Bayle, H.L. 1949. Manual of cultivate plants. Macmillan, New York. 868 p.

Belotto, F.A. e Manica I. 1994. Clima e Solo. In: MANICA, I. (Ed.). Fruticultura - cultivo das anonáceas: ata, cherimólia e graviola. Porto Alegre: Evangraf. pp. 12-17..

Bolivar, F. N. 2009. Maduración de frutos de saramuyo (*Annona squamosa* L.) desarrollados en Yucatán, México. *Agrociencia*, v. 43, n. 2, p. 133-141.

Brechelt, A. 2004. El manejo ecológico de plagas y enfermedades. Santiago de Chile: RAP-AL, 2004. 36 p.

Cabezas, F. 1996. Poda del chirimoyo en España. En: V Jornadas andaluzas de frutos tropicales 5. 1996. España, Consejería de Agricultura y Pesca. p.40-60.

Camargo, C.; Peraza, R.; Schachtebeck, C. 1985. Caracterización de la *Annona cherimola* M. (Chirimoya) y su industrialización a pequeña escala. Frutas tropicales. 6:9-23.

Carpita, N.; McCann, M. 2000. The cell wall In Biochemistry and Molecular Biology of Plants, B.B. Buchanan, G. Wilhelm, and R.L. Jones, eds (Rockville, IL: American Society of Plant Physiologists), pp. 52–108.

Castañeda, V.Á., Nava C.D., Hernández F.L.M., Valdez C.J. and Colunga T.B. 2005. New Host Record and Geographical Distribution of *Optatus palmaris* Pascoe 1889 (Coleoptera: Curculionidae) in México. Acta Zoológica Mexicana 25: 663-666.

Cerdas, M. M.; Moreno, F. 2007. Diagnóstico de manejo poscosecha de anona. San José, Costa Rica, Convenio Poscosecha UCR-CNP. Mimeografiado. sp

Ciancaglini, P.; Santos, H. L.; Daghasanli, R. P. K.; Thedei, G. Jr. 2001. Using a classical method of vitamin C quantification as a tool for discussion of its role in the body. Biochem. Mol. Biol. Edu. 29: 110-114.

Cuevas, J., Gonzalez M. and Hueso J.J. 2011. Cherimoya and Loquat, in soil, plant growth and plant production, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Chapter: Publisher: Eolss Publishers, Oxford, UK., Editors: Ed. Willy H. Verheye. pp.1-31

De La Rocha, G. 1967. Cultivo de la chirimoya y resultados experimentales alcanzados. México, D.F. Centro Regional de Ayuda Técnica. 20 p.

De Smet, S., Scheldeman, X., Romero, J. and Van Damme, P. 1999. Seed Structure and Germination of Cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). *Acta Horticulturae*, 497, 269 - 279.

Delgado, O. C. 2005. El cultivo de la chirimoya. Fomento Nacional de fomento

Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). 2011. Chapter: Cherimoya and Loquat, in soil, plant growth and plant production, Publisher: Eolss Publishers, Oxford, UK, Editors: Ed. Willy H. Verheye, pp.1-31.

Farré, J. M. 2004. Caracterización fisiológica de la anona. Málaga, España. Estación Experimental La Mayora. Comunicación personal.

Ferreira, J. C.; Cardoso, M.G.; Souza, P.E.; Miranda, J.C.; Barreto, S.S. 2005. Inhibitory effect of *Caesalpinia spinosa* leaflets crude extract on *Fusarium solani* and *Phoma tarda* (en línea). *Acta Scientiarum Biological Sciences* 27(2):185-188.

Ficker, C.; Smith, M.; Akpagana, K.; Gbeassor, M.; Zhang, J.; DursT, T.; García, E. 1956. La chirimoya. (*Annona cherimola*, Mill). Ministerio Agricultura. Estación Experimental Agrícola, Perú, “La Molina”. Circular N° 71. 25 p.

Franco-Mora, O.; Aguirre-Ortega, S.; Morales-Rosales, E. J.; González-Huerta, A.; Gutiérrez-Rodríguez, F. 2010. Caracterización morfológica y bioquímica de frutos de tejocote (*Crataegus mexicana* DC.) de Lerma y Ocoyoacac, México. *Ciencia Ergo Sum*. 17(1): 61-66.

Fries, R. E. 1959. Annonaceae. In: Die Natürlichen Pflanzenfamilien 2e Edited by A. Engler and Prantl K. Aufl., Band 17a II: 1-171, Berlin, Germany.

Gardiazabal, F.; Rosenberg, G. 1993. El cultivo del chirimoyo. Chile. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 145 p.

Geurts, C. 1981. Annonaceous Fruits. Royal Tropical Institute, Amsterdam. The Netherlands. pp. 16.

Goñi, O., M.I. Escribano y C. Merodio (2008). Gelatinization and retrogradation of native starch from cherimoya fruit during ripening, using differential scanning calorimetry. *LWT- Food Science and Technology* 41:303–310.

González, V. M. E. 2013. CHIRIMOYA (*Annona cherimola* Miller), FRUTAL TROPICAL Y SUB-TROPICAL DE VALORES PROMISORIOS Cultivos Tropicales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba, vol. 34, núm. 3, pp. 52-63.

Grossberger, D. 1999. The California cherimoya industry. Proceedings of the First International Symposium on Cherimoya, Loja, Ecuador, 16-19 de marzo de 1999. Acta Horticulturae.

Guirado, E. 2004. Chirimoyo. Comparación de métodos de polinización artificial. Análisis de componentes del fruto. Efecto del ácido giberélico en el desarrollo del fruto y sus componentes. EUITA. La Rábida (Huelva). En: Guirado, E.; Hermoso, J. Ma., Pérez, Ma.; Farré, J. Ma. Introducción al cultivo del chirimoyo. España. Caja Rural de Granada, Junta de Andalucía, Finca Experimental La Nacla. 78 p. 57.

Guirado, E.; Hermoso, J. M.; Pérez, M. A.; García, J.; Farré, J. M. 2001. Polinización del chirimoyo. Estación Experimental La Nacla. CSIC, Junta de Andalucía, Caja Rural de Granada. 52 p.

Gutiérrez, M., Lahoz J.M., Sola M.M., Pascual L., and Vargas A.M. 1994. Postharvest changes in total soluble solids and tissue pH of cherimoya fruit stored at chilling and non-chilling temperatures. *Journal of Horticultural Sciences*. 69:459-463.

Hagerman, A. E.; Austin, P. J. J. 1986. A simple continuous assay for plant pectin methyl esterase *Agriculture Food Chemistry*, 34, 440-444

Hernández-Lauzardo, A. N.; Bautista-Baños, S.; Velázquez-del Valle, M. G.; Trejo-Espino, J. L. 2006. Identification of *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) Vuill., causal agent of Rhizopus rot disease of fruits and vegetables. *Revista Mexicana de Fitopatología* 24:65-69.

Jimenez, Z. J. O.; Balois, M. R.; Alia, T. I.; Juárez, L. P.; Sumaya, M. M. T.; Martinez., Bello, L. J. E. 2016. Characterization of soursop fruit (*Annona muricata* L.) in Tepic, Nayarit, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.7 Núm.6 14 de agosto - 27 de septiembre, 2016 p. 1261-1270.

Lahoz, J.M, Gutierrez M., Sola M.M., Salto R., Pascual L., Martinez-Cayuela M. and Vargas A.M. 1993. Ethylene in cherimoya fruit (*Annona cherimola* Mill.) under different storage conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 41:721-723.

Lima, M. A. C., De Alves R. E., Filgueiras H. A. C. e Enéas-Filho, J. 2003. Comportamento respiratório e qualidade pós-colheita de graviola (*Annona muricata* L.)

'Morada' sob temperatura ambiente. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal. 25: 49-52.

Maldonado, R., Molina-Garcia A.D., Sanchez-Ballestra M.T., Escribano M.I., and Merodio C. 2002. High CO₂ atmosphere modulating the phenolic response associated with cell adhesion and hardening of *Annona cherimola* fruit stored at chilling temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50:7564-7569.

Manica, I. 1997. Taxionomia, morfologia e anatomia. In: Reboucas S.J., I. Vilas B., O. Magalhaes M. E. T. Hojo R. (Eds.) Anonáceas. Produção e mercado. (Pinha, graviola, atemóia e cherimólia). UESB. Bahia, Brasil. pp. 20-35.

Merodio, C. and De La Plaza J.L., 1997. Cherimoya. In: Mitra, S.K. (Ed.), Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits. CAB International, Wallingford, pp. 265–290.

Morales, P. A. A. 2015. Aplicación de resveratrol y 6-bencilaminopurina para incrementar vida poscosecha en chirimoya. Facultad de Ciencias Agrícolas. Tesis de doctorado. 123p.

Mosca, J. L., Assis J. S., Alves R. E., Filgueiras H. A. C., and Batista A. F. 1997. Physical, physical–chemical and chemical changes during growth and maturation of sugar apple (*Annona squamosa* L.). In: *Memorias del Congreso Internacional de Anonáceas*. Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Chapingo, México. pp: 304–314.

Nacz, M.; Shahidi, F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41(5), 1523-1542.

- Nava-Díaz C., Osada-Kawasoe S., Rendón-Sánchez G. y Ayala-Escobar V. 2000.** Organismos asociados a chirimoyo (*Annona cherimola* mill.) en Michoacán, México. *Agrociencia* 34: 217-226.
- Nazmy, A. A.; N. Samah, I. K.; Hassan, M. 2012.** Effects of Polyolefin Film Wrapping and Calcium Chloride Treatments on Postharvest Quality of "Wonderful" Pomegranate Fruits. *Journal Horticulture Science & Ornamental Plants*. 4 (1): 07--17.
- Nesheim. 2002.** "Identifying Hedonic Models." *American Economic Review*, 92(2): 304-309.
- Palma, T., Aguilera J.M. and Stanley D.W. 1993.** A review of postharvest events in chirimoya. *Postharvest Biology and Technology* 2: 187-208.
- Pareek, G. 2011.** Primary sequence that determines the functional overlap between mitochondrial heat shock protein 70 Ssc1 and Ssc3 of *Saccharomyces cerevisiae*. *J Biol Chem* 286(21):19001-13.
- Pinto, A. Cordeiro M., De Andrade C., Ferreira F., Filguiera H., Alvez R. and Kimpara, D. 2005.** *Annona* Species. University of Southampton.
- Popenoe, J. 1975** Status of *Annona* culture in South Florida. Annual Meeting. Florida State Horticultural Society 87: 342-344.
- Prieto, H., Utz D., Castro A., Aguirre C., Gonzalez-Aguero, M. and Valdes, H. 2007.** Browning in *Annona cherimola* fruit: Role of polyphenol oxidase and characterization of a coding sequence of the enzyme. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 9208–9218.
- Ramos, M.G. y Martínez M.A. 1998.** Efecto del manejo poscosecha en la susceptibilidad al daño por frío y la actividad poligalacturonasa en calabaza zuchini. *Revista Horticultura Mexicana* 6: 42-55.

Rebolledo, M. A.; Angel, P. A. L.; Antonio, P. N.; Padilla, D. G. 2013. Sooty mold control (*Capnodium mangiferae* cooke and brown) with biofungicides in leaves and fruits of mango "Manila". Tropical and Subtropical Agroecosystems, 16 (2013): 355 – 362.

Reginato, G.; Lizana, L. A. 1980. Comportamiento de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) cv. Concha Lisa en almacenaje refrigerado. Simiente 50(3-4): 138-145.

Ribeiro, L.F.; Bendendo, I. P. 1999. “Efeito inibitório de extratos vegetais sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, agente causal da podridão de frutos demamoeiro”. Scientia Agricola 56(4):1267-1271.

Rodríguez, D.; Sanabria, M. E. 2005. Efecto del extracto de tres plantas silvestres sobre la rizoctoniosis, la mancha sureña de maíz y los patógenos que las causan. Interciencia 30 (12):739-744.

Rosell, G.P.; Galán S. V.; Hernández D. P. 1997. Cultivo del chirimoyo en Canarias. Departamento de Fruticultura Tropical Instituto Canario de Investigaciones Agradas. ICIA. Gobierno de Canarias. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. 24p.

Salazar, D.M.; Melgarejo, P. 2005. Viticultura. Técnicas del cultivo de la vid, calidad de la uva y atributos de los vinos. Editorial Mundi-prensa, Madrid. 325p.

Strail, P.; Klejdus, B.; Kuban, V. 2007. Determination of phenolic compounds an their antioxidant activity in fruits an cereals. En: Talanta. 71 (4). 1741-1751.

Widmer, T. L.; Laurent, N. 2006. Plant extracts containing caffeic acid and rosmarinic acid inhibit zoospore germination of *Phytophthora* spp. pathogenic to *Theobroma cacao*. European Journal of Plant Pathology 11: pp 377-388.