

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**MANEJO DE FRUTOS DE CHIRIMOYA (*Annona cherimola* Mill.)  
EN ATMÓSFERA MODIFICADA PARA SU CONSERVACIÓN EN  
POSTCOSECHA**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**



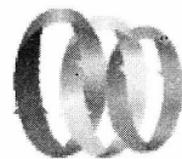
DIRECCION GENERAL ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA**

**P R E S E N T A:**

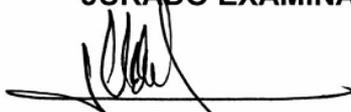
**CELERINO VASQUEZ SANTIAGO**

**Chapingo, Texcoco, Edo. de México, noviembre de 2012.**



La presente tesis titulada “Manejo de frutos de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en atmósfera modificada para su conservación en postcosecha” fue realizada por el Ing. Celerino Vasquez Santiago bajo la dirección del Dr. Salvador Valle Guadarrama, y ha sido revisada y aprobada por el Jurado Examinador, como requisito parcial para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA**

<b>JURADO EXAMINADOR</b>	
<b>PRESIDENTE</b>	 _____ DR. SALVADOR VALLE GUADARRAMA
<b>SECRETARIO</b>	 _____ DRA. MA. CARMEN YBARRA MONCADA
<b>VOCAL</b>	 _____ DR. MA. TERESA MARTÍNEZ DAMIÁN
<b>SUPLENTE</b>	 _____ DR. RAMÓN VILLANUEVA ARCE

## DEDICATORIA

*Dedico la tesis a mi esposa Ariadna Soledad Velasco  
Bautista y a mi hijo Iker Said Vasquez Velasco*

*"El objetivo no es vivir eternamente sino crear  
algo que permanezca para siempre"*

*Jack Valeriu*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca que me otorgó para realizar mis estudios de Maestría.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) por el apoyo económico otorgado para concluir la tesis.

A la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo por haberme brindado la oportunidad de seguir con mi desarrollo profesional y personal.

Al Dr. Salvador Valle Guadarrama por brindarme la oportunidad de trabajar con él, además de ser el director de la tesis.

A la Dra. Ma. Carmen Ybarra Moncada porque además de dedicarle gran parte de su tiempo a la redacción de este documento, siempre me brindó su apoyo y confianza.

A la Dra. Ma. Teresa Martínez Damián por su gran aportación en el desarrollo de este trabajo y por su amistad.

Al Dr. Ramón Villanueva Arce porque además de apoyarme en la redacción de este documento, me apoyó con los frutos de chirimoya y con su amistad.

Al MC. Artemio Pérez López y al MC. Heriberto Cruz Martínez por apoyarme con material bibliográfico y por su amistad.

A Larisa Alhelí Velasco Bautista, a Marco Antonio Castro Ibarra y a mis hermanos Edvino, Eliseo, Luisa y Gabriela, que además de apoyo moral también recibí de ellos apoyo material.

A Esli y Helder Martínez López, Jesús Bautista Hernández, Rodiberto Salas Martínez, Jesús Páez Rivera, Everardo y Eliezer Chávez Santiago, por haberme apoyado indirectamente en la realización de este trabajo.

A mis compañeros de la Maestría por el apoyo que me brindaron siempre.

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

El autor de la presente tesis nació en Tanetze de Zaragoza, Oaxaca, México, el 30 de septiembre de 1983. Los estudios de primaria, secundaria y bachillerato los realizó en el lugar de nacimiento. Los estudios de licenciatura los llevó a cabo en la Universidad Autónoma Chapingo donde obtuvo el título de Ingeniero Agroindustrial en el año 2009.

“Manejo de frutos de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en atmósfera modificada para su conservación en postcosecha”

“Cherimoya´s fruits handling in modified atmosphere for their conservation in postharvest”

Celerino Vasquez Santiago\*, Salvador Valle Guadarrama, Ma. Teresa Martínez Damián, Ma. Carmen Ybarra Moncada, Ramón Villanueva Arce

## RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo con el objetivo de evaluar el almacenamiento de frutos de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en atmósfera modificada (AM) sobre su vida de anaquel. Se usaron frutos en madurez fisiológica provenientes de Jujucato, Michoacán. Se aplicaron diez tratamientos de AM (a 12 °C y 21 °C). Las evaluaciones de la maduración se hicieron a 21 °C después de 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento de los frutos. El tratamiento T6 retrasó la maduración ocho días con respecto al tratamiento T1 (testigo), mientras que el tratamiento T2 y T3 la retrasaron 13 y 12 días, respectivamente. Los azúcares totales así como los SST incrementaron durante la maduración de los frutos en los tratamientos T1, T2, T3 y T6, mientras que en el resto de los tratamientos no se observó el mismo fenómeno.

Palabras clave: *Annona cherimola* Mill., atmósfera modificada, azúcares totales, sólidos solubles totales.

## ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the storage of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruits in modified atmosphere (MA) regarding the postharvest life. Fruits at physiological maturity from Jujucato, Michoacán, were used. Ten MA treatments were applied (at 12 °C y 21 °C). Ripening was evaluated at 21 °C after 7, 14, 21 and 28 days of storage. The treatment T6 delayed ripening eight days with regard to treatment T1 (control treatment), while treatment T2 and T3 delayed it 13 and 12 days respectively. The total sugar content as well as the total soluble solids increased during ripening of the fruits under treatments T1, T2, T3 and T6, while in the other treatments the same phenomenon was not observed.

Key words: *Annona cherimola* Mill., modified atmosphere, total sugars, total soluble solids.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
3. HIPÓTESIS .....	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
4.1 Generalidades de la chirimoya ( <i>Annona cherimola</i> Mill.).....	4
4.1.1 Clasificación taxonómica.....	6
4.1.2 Variedades de chirimoya.....	7
4.1.3 Origen y distribución.....	7
4.1.4 Morfología .....	8
4.1.5 Desarrollo e índices de cosecha .....	9
4.1.6 Enfermedades postcosecha.....	9
4.1.7 Valor nutricional.....	10
4.1.8 Empacado comercial.....	11
4.1.9 Comercialización .....	12
4.1.10 Comportamiento del fruto de chirimoya.....	13
4.2 Atmósfera modificada .....	13

4.3	Modalidades de la atmósfera modificada.....	13
4.4	Situaciones de riesgo en el desarrollo de una atmósfera modificada ..	14
5.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
5.1	Planeación experimental.....	16
5.1.1	Diseño del experimento.....	16
5.1.2	Diseño de tratamientos.....	17
5.1.3	Manejo experimental .....	18
5.1.4	Variables evaluadas .....	18
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	24
6.1	Calidad a la cosecha.....	24
6.2	Comportamiento del tratamiento testigo a 21 °C .....	25
6.3	Resumen del análisis de varianza .....	31
6.4	Efecto de los tratamientos sobre las variables respuesta .....	32
6.4.1	Firmeza .....	32
6.4.2	Color .....	34
6.4.3	Acidez titulable .....	40
6.4.4	Sólidos solubles totales .....	41

6.4.5 Azúcares totales .....	42
6.4.6 Acetaldehído .....	43
6.4.7 Acumulación de CO <sub>2</sub> dentro de los envases .....	44
6.5 Efecto del almacenamiento en el envase plástico .....	45
7 CONCLUSIONES.....	46
8 BIBLIOGRAFÍA .....	47

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la chirimoya.....	6
Cuadro 2. Composición de 100 g de pulpa de chirimoya.....	11
Cuadro 3. Combinaciones de tratamientos del diseño factorial con dos niveles en el factor temperatura y cinco en el factor tiempo. ....	17
Cuadro 4. Estadísticas de ajuste. ....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Especies más importantes del género <i>Annona</i> (Andrés-Agustín y Andrés-Hernández, 2011).....	5
Figura 2. Formas botánicas de los frutos del chirimoyo de acuerdo a su tipo de cáscara (Andrés-Agustín y Andrés-Hernández, 2011).....	6
Figura 3. Variedades más importantes de chirimoya (Portalbesana, 2012a).....	7
Figura 4. Fruto de chirimoya. ....	8
Figura 5. Texturómetro utilizado para medir firmeza.....	19
Figura 6. Colorímetro utilizado para medir el cambio de color de los frutos. ....	20
Figura 7. Refractómetro utilizado para medir sólidos solubles totales. ....	21
Figura 8. Pérdida de peso durante la maduración de frutos de chirimoya almacenados a 21 °C contados a partir del primer día después de la cosecha.	25
Figura 9. Cambio de luminosidad durante la maduración de frutos de chirimoya almacenados a 21 °C contados a partir del primer día después de la cosecha.	26
Figura 10. Cromaticidad y ángulo de matiz en cáscara y pulpa en frutos de chirimoya durante su maduración a 21 °C contados a partir del primer día después de la cosecha. ....	27

Figura 11. Firmeza y acidez titulable durante la maduración de frutos de chirimoya a partir del primer día después de la cosecha almacenados a 21 °C.....	29
Figura 12. SST y azúcares totales durante la maduración de frutos de chirimoya a partir del primer día después de la cosecha almacenados a 21 °C. ....	31
Figura 13. Efecto de los tratamientos de AM sobre la firmeza en frutos de chirimoya. ....	33
Figura 14. Efecto de los tratamientos de AM sobre la luminosidad en la cáscara de frutos de chirimoya.....	34
Figura 15. Efecto de los tratamientos de AM sobre la cromaticidad en la cáscara de frutos de chirimoya. ....	35
Figura 16. Efecto de los tratamientos de AM sobre el ángulo de matiz en la cáscara de frutos de chirimoya.. ....	36
Figura 17. Efecto de los tratamientos de AM sobre la luminosidad en la pulpa de frutos de chirimoya. ....	37
Figura 18. Efecto de los tratamientos de AM sobre la cromaticidad en la pulpa de frutos de chirimoya. ....	38
Figura 19. Efecto de los tratamientos de AM sobre el ángulo de matiz en la pulpa de frutos de chirimoya.....	39

Figura 20. Efecto de los tratamientos de AM sobre la acidez titulable en frutos de chirimoya.....	40
Figura 21. Efecto de los tratamientos de AM sobre los sólidos solubles totales en frutos de chirimoya.....	41
Figura 22. Efecto de los tratamientos de AM sobre los azúcares totales en frutos de chirimoya.....	42
Figura 23. Efecto de los tratamientos de AM sobre el acetaldehído frutos de chirimoya. ....	43
Figura 24. Efecto de los tratamientos de AM sobre el contenido de CO <sub>2</sub> en envases con frutos de chirimoya. ND: no hay datos por tratarse de tratamientos sin AM. ....	44

## 1. INTRODUCCIÓN

El sabor y aroma excepcional hacen a la chirimoya una fruta con un gran potencial para el mercado Norteamericano. Es una fruta exótica subtropical, sin embargo, se conoce poco sobre sus características postcosecha o los mejores métodos de manejo, transporte y almacenamiento. El mayor problema en manejo postcosecha de esta fruta es retardar el rápido proceso de maduración (Palma *et al.*, 1993) y el ablandamiento acelerado durante el transporte y la comercialización (Pareek *et al.*, 2011).

La producción de chirimoya en México ha ido en aumento en los últimos años, siendo Michoacán, Morelos e Hidalgo los principales estados productores de esta fruta. En el año 2001, México tuvo una producción de 206 toneladas en una superficie de 37 ha y en el 2008 la producción ascendió hasta 924.3 toneladas en una superficie de 160 ha con un valor de producción de 3, 832, 080.00 pesos (SIAP, 2010a).

Las chirimoyas son frutas altamente percederas con alta tasa de respiración y producción de etileno (Pareek *et al.*, 2011 y Palma *et al.*, 1993). La cantidad de etileno producido puede variar entre 100 y 300  $\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{h}$ , dependiendo del cultivar, durante la maduración a 20 °C. A bajas temperaturas se conservan por más tiempo que a temperatura ambiente (Sevillano *et al.*, 2010), pero si se almacenan a temperaturas inferiores a 8-12 °C, dependiendo del cultivar y estado de madurez, resulta en daño por

frío. Los síntomas incluyen un oscurecimiento y endurecimiento de la cáscara, depresiones, incapacidad de desarrollar buen sabor y pulpa harinosa (Kader y Arpaia, 2009). Pero si se someten los frutos a un tratamiento térmico de 55 °C durante 5 horas se remedian los síntomas del daño por frío cuando los frutos se almacenan a 4°C (Sevillano *et al.*, 2010). También, la exposición a altas concentraciones de CO<sub>2</sub> modifica la respuesta de la fruta a las bajas temperaturas, induciendo la síntesis de proteínas crioprotectoras, así como de isoenzimas específicos relacionados con patogénesis que se podrían asociar funcionalmente con un incremento en la tolerancia al frío (Goñi *et al.*, 2009).

Según Kader y Arpaia (2009) las atmósferas controladas (AC) retrasan la maduración, reducen la respiración y producción de etileno, y favorecen la retención de la firmeza. Según estos autores esta fruta puede ser mantenida hasta por seis semanas a 10 °C en 5 % O<sub>2</sub>, y luego ser madurada con un buen desarrollo de sabor a 20 °C, pero las condiciones óptimas de AC se encuentran entre 3-5 % O<sub>2</sub> y 5-10 % CO<sub>2</sub>. La exposición a <1 % O<sub>2</sub> y >15 % CO<sub>2</sub> puede resultar en el desarrollo de malos sabores y maduración no uniforme.

La atmósfera controlada retrasa o inhibe cambios en la calidad de la fruta de chirimoya observados cuando se almacena a temperatura ambiente, tales como incremento en sólidos solubles totales, acidez titulable y amarillamiento de la pulpa, y bajas concentraciones de O<sub>2</sub> y altas de CO<sub>2</sub> (3 % O<sub>2</sub> y 3 % CO<sub>2</sub>) inhiben el ablandamiento (Pablo *et al.*, 1999).

Si se almacena a 20 °C la senescencia de esta fruta ocurre en 4 o 5 días, pero el almacenamiento entre 10 y 12 °C extiende este tiempo una semana más (Sevillano *et al.*, 2010), y el tiempo es aun mayor cuando se usan atmósferas modificadas (Goñi *et al.*, 2009).

El mayor problema en el uso de las AC es que son sistemas costosos, sobre todo para los pequeños productores. Por tal razón se decidió evaluar un sistema de atmósfera modificada (AM) ya que es un sistema más económico, por lo que se tiene la certeza de que el trabajo desarrollado fue pertinente, porque contribuye al mejoramiento de un material nativo de las regiones tropicales de México y fomenta el desarrollo tecnológico en las regiones rurales nacionales.

## **2. OBJETIVOS**

- Evaluar el proceso de maduración de frutos de chirimoya.
- Evaluar un sistema de atmósfera modificada sobre la vida útil de la chirimoya a 12 y a 21 °C, y su respectivo proceso de maduración.

## **3. HIPÓTESIS**

El uso de atmósfera modificada disminuye la velocidad de las reacciones que contribuyen al deterioro de la chirimoya, incrementando así su vida útil y preservando su calidad.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Generalidades de la chirimoya (*Annona cherimola* Mill.)

Las frutas del género *Annona* son las frutas con mejor sabor en el mundo, debido a su dulzor, pulpa cremosa y sabor cuando maduran (Pareek *et al.*, 2011). Las especies más importantes (Figura 1) son: chirimoya (*Annona cherimola* Mill.), guanábana (*Annona muricata* L.), anona colorada (*Annona reticulata* L.), saramuyo (*Annona squamosa* L.), cabeza de negro o sincuya (*Annona purpurea* Moc. & Sesse ex Dunal), ilama o papausa (*Annona diversifolia* Saff.), y el híbrido Atemoya (*A. cherimola* × *A. squamosa*) (Andrés-Agustín y Andrés-Hernández, 2011).

Existen cinco formas botánicas (Figura 2) por la forma del fruto y la textura de la cáscara, formada por carpelos y segmentos externos llamados areolas:

**Forma *impresa* o *dedo impreso*:** el fruto tiene forma conoide o subglobosa y tiene superficie lisa cubierta con areolas en forma de U parecidos a dedos pintados en cera.

**Forma *laevis* o *lisa*:** es una de las más finas formas botánicas por dar muy buena presentación a los frutos a nivel comercial.

**Forma *tuberculata* o *tuberculada*:** el fruto tiene la forma de corazón y tiene protuberancias como tubérculos cerca de cada areola.

**Forma *mamillata* o mamilada:** también se le llama “cherimoya de tetillas” en algunos países de América del Sur.

**Forma *umbonata* o umbonada:** su superficie está repleta de protuberancias, cada una de las cuales corresponde a un carpelo.



*Annona cherimola* Mill.



*Annona muricata* L.



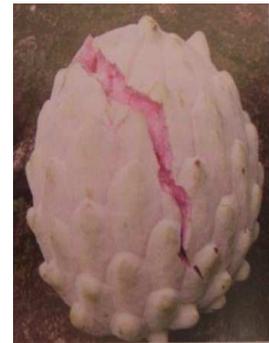
*Annona reticulata* L.



*Annona squamosa* L.



*Annona purpurea* Mocino & Sesse ex Dunal



*Annona diversifolia* Saff.



*A. cherimola* x *A. squamosa*

---

**Figura 1.** Especies más importantes del género *Annona* (Andrés-Agustín y Andrés-Hernández, 2011).



**Figura 2.** Formas botánicas de los frutos del chirimoyo de acuerdo a su tipo de cáscara (Andrés-Agustín y Andrés-Hernández, 2011).

#### 4.1.1 Clasificación taxonómica

La familia Annonaceae tiene 119 géneros (109 de América y 10 de África) y más de 2000 especies (Geurts, 1981), la mayoría de ellas se encuentran en los trópicos. Todas las especies domesticadas son nativas de América mientras una especie africana (*A. senegalensis*) está en proceso de domesticación (Pinto *et al.*, 2005). La clasificación taxonómica de la chirimoya se presenta en el Cuadro 1.

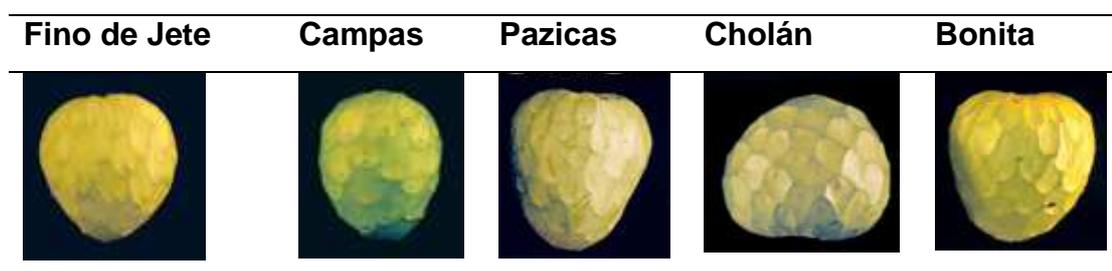
**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de la chirimoya.

<b>Reino</b>	Plantae	<b>Subclase</b>	Magnoliidae
<b>Subreino</b>	Tracheobionta	<b>Orden</b>	Magnoliales
<b>Superdivisión</b>	Spermatophyta	<b>Familia</b>	Annonaceae
<b>División</b>	Magnoliophyta	<b>Género</b>	Annona
<b>Clase</b>	Magnoliopsida	<b>Especie</b>	<i>Annona cherimola</i> Mill.

Fuente: USDA, 2012.

### 4.1.2 Variedades de chirimoya

Las variedades más importantes de chirimoya son la “Fino de Jete”, “Campas”, “Pazicas”, “Cholán” y “Bonita” (Figura 3). La “Fino de Jete” cubre aproximadamente el 98 % de la producción comercial en España (Portalbesana, 2012a).



**Figura 3.** Variedades más importantes de chirimoya (Portalbesana, 2012a).

### 4.1.3 Origen y distribución

La chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) es nativa de Mesoamérica (de México a Panamá) (Cerdas-Araya, 2007). El nombre se deriva de “chirimuya” que en quechua significa “semilla fría”, esto se refiere a la región andina donde está presente esta especie. Se distribuye en zonas subtropicales con una precipitación anual entre 600 y 1700 mm. Para un óptimo desarrollo, la temperatura debe mostrar poca fluctuación anual y la temperatura media anual debe oscilar entre 17 y 22 °C. Prefiere suelos arenosos o arcillo arenosos, bien drenados con un pH entre 6.5 y 7.6 y con un contenido de materia orgánica entre 1.7 y 2.7 %. Los países más importantes en cuanto a

producción son España, Chile, Perú, Bolivia, Ecuador, México y Estados Unidos (Biodiversity International y CHERLA, 2008).

#### **4.1.4 Morfología**

La piel, delgada o gruesa, puede ser suave o estar cubierta de protuberancias de forma cónica o redondeada que quedan de las flores. El fruto es cónico o en forma de corazón, alcanza entre 10 y 25 cm de longitud y hasta un máximo de 15 cm de anchura y pesa por término medio de 250 a 800 g (Figura 4). Cuando alcanza la madurez se torna de un color verde pálido o cremoso; se considera que está demasiado maduro cuando la piel adquiere un tono marrón oscuro o negro (FAO, 2010). Su interior es blanco, de textura cremosa, sabor dulce y ligeramente ácido. Sus semillas son escasas y de color negro (SIAP, 2010b).



**Figura 4.** Fruto de chirimoya.

#### **4.1.5 Desarrollo e índices de cosecha**

Se cosecha en madurez fisiológica, es decir, cuando aún está verde y firme, pero con todas las posibilidades de poder madurar. Esta fruta presenta dos alzas bien marcadas en la respiración, 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 (muy poco). También se considera el color de la vellosoidad de la fruta, la cual se torna de color café. Otro indicativo de que se ha iniciado la maduración, sugerido por los productores, es un aroma que se desprende de la fruta (Cerdas-Araya *et al.*, 2007).

#### **4.1.6 Enfermedades postcosecha**

Los principales desórdenes patológicos en la chirimoya se asocian a hongos de los géneros *Colletotrichum*, *Elsinoe*, *Fusarium*, *Olpitrichum*, *Phoma*, *Phomopsis*, *Phyllosticta*, *Rhizopus* y *Stigmella* (Andrés-Agustín y Regollar-Alviter, 1996), siendo *Colletotrichum fragariae* el más importante (Villanueva-Arce *et al.*, 2005). Esta especie provoca cambios en los frutos, siendo los principales: acumulación de compuestos fenólicos en las paredes celulares y citoplasma, colapso de las células epidermales y del parénquima, y necrosis (Villanueva-Arce *et al.*, 2006).

#### 4.1.7 Valor nutricional

La chirimoya es una buena fuente de vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y B<sub>3</sub> y de hierro, calcio y fósforo (Cuadro 2). Su fruto es considerado entre los más sabrosos. Se consume principalmente como fruta fresca.

El calentamiento de la pulpa produce oxidación enzimática, lo que afecta tanto a su color como a su delicado aroma. Se usa en la elaboración de helados, batidos de leche o sorbetes y también se procesa en forma de yogur, flan, jugos y vinos. El jugo obtenido de esta fruta tiene alta actividad antioxidante (Gupta-Elera *et al.*, 2010).

Algunas empresas latinoamericanas congelan cantidades limitadas. Las semillas trituradas se pueden usar como bio-insecticidas y las acetogeninas presentes en estas semillas poseen algunas propiedades farmacológicas (Biodiversity International y CHERLA, 2008).

Además, el contenido de lípidos en las semillas de la chirimoya es una fuente de biodiesel. El alto grado de insaturación hace al aceite susceptible a la oxidación pero también reduce su viscosidad. La baja estabilidad a la oxidación se puede mejorar agregando aditivos al producto final. Se debería usar para evitar más contaminación (Costra-Branco *et al.*, 2010).

**Cuadro 2.** Composición de 100 g de pulpa de chirimoya.

Agua	75.7
Proteínas (g)	1.0
Grasas (g)	0.1
Carbohidratos (g)	22.0
Fibras (g)	1.8
Cenizas (g)	1.0
Calcio (mg)	24.0
Fósforo (mg)	47.0
Hierro (mg)	0.4
Vitamina A (UI)	0.01
Tiamina (mg)	0.06
Riboflavina (mg)	0.14
Niacina (mg)	0.75
Ácido ascórbico (mg)	4.30
Calorías	81.0

Fuente: Portalbesana, 2012b.

#### **4.1.8 Empacado comercial**

Una vez que se hayan realizado los tratamientos poscosecha que la fruta requiere para alargar su período de vida útil, se procede a empacarla, lo cual debe hacerse cuidadosamente, porque la cáscara es sensible a la abrasión y a sufrir daño mecánico, aún más si tiene protuberancias en su piel.

## **Cajas de plástico**

Presentan la ventaja de que si se manejan con cuidado duran mucho tiempo y se pueden reutilizar. Las más recomendables son las más bajas porque en ellas se coloca solo una capa de fruta y en las de mayor altura se colocan más capas lo que puede causar daño mecánico. Estas cajas siempre tienen que estar limpias.

## **Cajas de cartón**

Estas cajas favorecen la presentación de la anona en el mercado pero tienen el inconveniente de que sólo se pueden usar una vez. El número de frutas que se coloquen depende del tamaño de las mismas. Internacionalmente no existen estándares para los tamaños de las cajas que se utilicen, pero en las de cartón se coloca una capa de fruta y cada anona se rodea de papel encerado para evitar el roce de unas con otras (Cerdas-Araya *et al.*, 2007).

### **4.1.9 Comercialización**

En México la comercialización es en fresco (Andrés-Agustín y Rebollar-Alviter, 1996) pero algunas empresas latinoamericanas congelan cantidades limitadas de chirimoya que se exportan a los Estados Unidos y a la Unión Europea para ser usadas en la elaboración de postres (Biodiversity International y CHERLA, 2008).

#### **4.1.10 Comportamiento del fruto de chirimoya**

La maduración del fruto se caracteriza por el incremento de sólidos solubles, acidez, ablandamiento y la adquisición de sabor y aroma (Palma *et al.*, 1993), además por un incremento bifásico en la respiración con un pico intermedio en la producción de etileno (Alique y Oliveira, 1994). La senescencia se caracteriza por una disminución en el contenido de fosfolípidos del mesocarpio (Gutiérrez *et al.*, 2005), y ocurre en 4 o 5 días cuando se almacena a 20 °C, la cual es una temperatura normal en el área de producción, pero el almacenamiento entre 10 y 12 °C extiende la vida de anaquel de la fruta una semana más (Sevillano *et al.*, 2010). Sin embargo, Batten (1990) recomienda un almacenamiento por cinco días a 8 °C para tener una vida de anaquel de nueve días.

#### **4.2 Atmósfera modificada**

La atmósfera modificada extiende la vida de anaquel de frutas y vegetales por eso ha llegado a ser una técnica ampliamente usada para la conservación de alimentos ya que afecta mínimamente las características de un producto fresco (Day, 2001).

#### **4.3 Modalidades de la atmósfera modificada**

Atmósfera modificada pasiva. Se basa en la respiración del producto lo cual resulta en una disminución del oxígeno y una acumulación de dióxido de

carbono. El nivel estable de los dos gases se determina por el equilibrio entre la tasa de respiración del producto y las características de permeabilidad del material de empaque.

Atmósfera modificada activa. Ésta se basa en un llenado inicial con una mezcla de gases óptima en vez de aire, provocando un deterioro mínimo del producto (Rodov *et al.*, 2007).

#### **4.4 Situaciones de riesgo en el desarrollo de una atmósfera modificada**

Los riesgos potenciales de las AM para el producto incluyen, la posibilidad de que se inicien o agraven ciertas fisiopatías y puede ocurrir una maduración de consumo irregular de los frutos. Se pueden desarrollar sabores y aromas desagradables a concentraciones muy bajas de O<sub>2</sub> o muy altas de CO<sub>2</sub> como resultado de la respiración anaeróbica y del metabolismo fermentativo (Kader, 2007).

Las frutas y hortalizas frescas varían grandemente en su tolerancia relativa a las concentraciones baja de O<sub>2</sub> y elevadas de CO<sub>2</sub>, es decir, a los niveles extremos más allá de los cuales se esperaría daño fisiológico. Estos límites de tolerancia pueden ser diferentes a temperaturas superiores o inferiores a las recomendadas para cada producto; también, un producto dado puede tolerar breves exposiciones a concentraciones más altas de CO<sub>2</sub> o más bajas de O<sub>2</sub> de lo recomendado. El límite de tolerancia a los niveles bajos de

O<sub>2</sub> será más alto a medida que la temperatura de almacenamiento o su duración aumenten debido a que las necesidades de O<sub>2</sub> para la respiración aeróbica del tejido aumentan con temperaturas más altas. Dependiendo del producto, el daño asociado con el CO<sub>2</sub> puede ya sea aumentar o disminuir con un aumento en la temperatura. La producción de CO<sub>2</sub> incrementa con el aumento de la temperatura pero su solubilidad disminuye; así, el CO<sub>2</sub> del tejido se puede incrementar o disminuir mediante un aumento de la temperatura; además, el efecto fisiológico del CO<sub>2</sub> podría ser dependiente de la temperatura. Los límites de tolerancia a las concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub> disminuyen con una reducción de la concentración de O<sub>2</sub>, y similarmente, los límites de tolerancia a la concentración reducida de O<sub>2</sub> aumentan con el aumento del nivel de CO<sub>2</sub> (Kader, 2007).

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Planeación experimental.

El estudio se llevó a cabo en el Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. El material vegetal que se utilizó fueron frutos de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en madurez fisiológica provenientes de Jujucato, Michoacán, México (19° 26' 2'' N, 101° 48' 23.6'' O y 2070 msnm).

#### 5.1.1 Diseño del experimento

El experimento se condujo bajo un diseño factorial asimétrico con un esquema de asignación completamente al azar cuyo modelo estadístico expresa que  $y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$ ; donde  $y_{ijk}$  es el valor de la variable respuesta en la k-ésima unidad experimental bajo el efecto de la combinación de tratamientos  $ij$ ;  $\mu$  es la media general de la variable respuesta;  $\alpha_i$  es el factor temperatura;  $\beta_j$  es el factor tiempo;  $(\alpha\beta)_{ij}$  es el efecto de la interacción de los dos factores, y  $e_{ijk}$  es el error experimental aleatorio bajo el supuesto que  $e_{ijk} \sim N(0, \delta^2)$ , con  $\delta^2$  constante.

### 5.1.2 Diseño del tratamiento

Los factores a controlar fueron temperatura de almacenamiento con dos niveles:  $12 \pm 1$  °C y  $21 \pm 1$  °C, y el tiempo con cinco niveles: 0, 7, 14, 21 y 28 d, contados a partir de un día después de la cosecha (Cuadro 5). La unidad experimental consistió de un fruto con tres repeticiones.

Con las observaciones se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2002).

**Cuadro 3.** Combinaciones del tratamiento del diseño factorial con dos niveles en el factor temperatura y cinco en el factor tiempo.

Factor	Niveles	Combinaciones del tratamiento	Número de Tratamiento	Descripción
Temperatura (T)	0, 1	$T_0 t_0$	T1	Almacenamiento a 21 °C sin AM
Tiempo (t)	0, 1, 2, 3, 4	$T_0 t_1$	T2	Almacenamiento a 21 °C con siete días en AM
		$T_0 t_2$	T3	Almacenamiento a 21 °C con 14 días en AM
		$T_0 t_3$	T4	Almacenamiento a 21 °C con 21 días en AM
		$T_0 t_4$	T5	Almacenamiento a 21 °C con 28 días en AM
		$T_1 t_0$	T6	Almacenamiento a 12 °C sin AM
		$T_1 t_1$	T7	Almacenamiento a 12 °C con siete días en AM
		$T_1 t_2$	T8	Almacenamiento a 12 °C con 14 días en AM
		$T_1 t_3$	T9	Almacenamiento a 12 °C con 21 días en AM
		$T_1 t_4$	T10	Almacenamiento a 12 °C con 28 días en AM

### **5.1.3 Manejo experimental**

Se diseñaron dos tratamientos en atmósfera modificada (AM), uno a  $12 \pm 1$  °C y el otro a  $21 \pm 1$  °C. La AM consistió en colocar cada unidad experimental dentro de una bolsa de polietileno Member's Mark®, por lo que la atmósfera se generó de manera pasiva como producto de la interacción de la respiración y la permeación.

A 0, 7, 14, 21 y 28 días en AM se retiró un lote de frutos de cada temperatura y se trasladó a un almacén a temperatura ambiente ( $21 \pm 1$  °C) y con aire normal para simular condiciones de mercadeo. Se evaluaron sus propiedades fisicoquímicas al momento de su maduración.

En un lote aparte se determinó la pérdida de peso, la firmeza, el color, sólidos solubles totales (SST), azúcares totales y acidez titulable un día después de la cosecha y durante cinco días consecutivos, para tener una referencia del estado inicial de los frutos, y del proceso de maduración de los frutos. Este estado de maduración se determinó revisando los frutos todos los días con el tacto (*Pareek et al., 2011*).

### **5.1.4 Variables evaluadas**

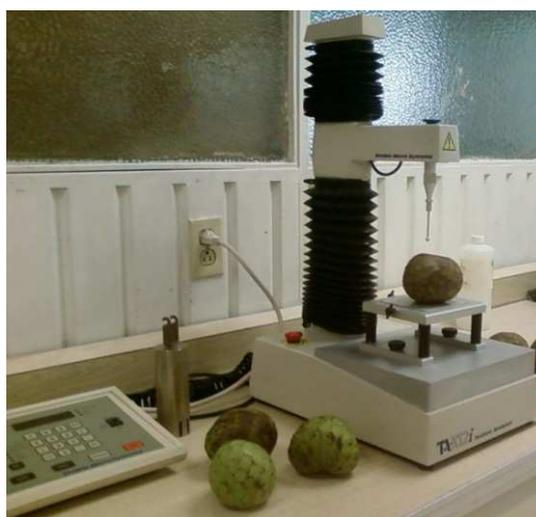
#### **5.1.4.1 Pérdida de peso**

Los frutos se pesaron todos los días con una balanza electrónica con sensibilidad de 0.01 g, a partir del día 0 hasta el último día de almacenamiento. La pérdida de peso se cuantificó por diferencia con la

fórmula: Pérdida de peso (%) =  $((P_i - P_f) / P_i) \times 100$ , donde,  $P_i$  = Peso inicial en gramos de la unidad experimental, y  $P_f$  = Peso final en gramos de la unidad experimental. El resultado se multiplicó por 100 para reportarlo en porcentaje (Martínez-Flores *et al.*, 2008).

#### 5.1.4.2 Firmeza

La firmeza se determinó en la parte ecuatorial de los frutos con un texturómetro universal TA-TX2i y un puntal de prueba cónico con diámetro de 0.7 cm y peso de 2000 g (Figura 5), el cual penetró la pulpa durante 2.5 s. Los resultados se expresaron en N (Stable Micro Systems, 2005 ).



**Figura 5.** Texturómetro utilizado para medir firmeza.

#### 5.1.4.3 Color

El color de la cáscara y la pulpa se determinó en tres frutos con un colorímetro MiniScan XE Plus (EE. UU.) (Figura 6) que proporciona valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . El color de la cáscara se obtuvo de la parte ecuatorial de los

frutos y el de la pulpa se obtuvo de frutos partidos a la mitad. Los valores se reportaron como luminosidad ( $L^*$ ), ángulo de matiz ( $\tan^{-1} b^*/a^*$ ) y cromaticidad ( $\sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$ ) (McGuire, 1992).



**Figura 6.** Colorímetro utilizado para medir el cambio de color de los frutos.

#### 5.1.4.4 Acidez titulable

Se cuantificó a través de la técnica de la AOAC (1990), en términos de ácido málico mediante titulación del jugo con una solución de hidróxido de sodio 0.1 N con fenolftaleína como indicador. Para obtener el porcentaje de ácido málico se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Ác. málico} = \frac{\text{mL NaOH} \times N \times \text{Meq. ácido} \times V \times 100}{\text{Peso muestra} \times \text{alícuota}}$$

Donde:

N = Normalidad del NaOH

V = volumen total

Meq. ácido = Miliequivalentes del ácido presente en mayor proporción (0.067 para el ácido málico).

#### 5.1.4.5 Sólidos solubles totales

Los sólidos solubles totales (SST) se determinaron con el jugo de los frutos, con un refractómetro digital marca ATAGO modelo PAL-1 (Figura 7) con escala de 0 a 53 % y se expresaron como °Brix.



**Figura 7.** Refractómetro utilizado para medir sólidos solubles totales.

#### 5.1.4.6 Azúcares totales

Los azúcares totales se determinaron con el método de antrona (Whitham *et al.*, 1971), el cual consistió en homogeneizar 5 g de pulpa en 80 mL de etanol al 80 %; posteriormente se tomó 1 mL del extracto obtenido y se

evaporó en baño maría para luego diluirlo en 100 mL de agua destilada; se tomó 1 mL y se le adicionaron 6 mL de la solución de antrona; la mezcla se llevó a ebullición por 5 min y se enfrió en baño de hielo para realizar una lectura a 620 nm en un espectrofotómetro (Spectronic Genesys 6, EE. UU.). Se utilizó una curva estándar de glucosa (Sigma) para cuantificar la concentración de azúcares totales y los resultados se expresaron en  $\text{mg g}^{-1}$ . Para la preparación de la solución de antrona se pesaron 0.4 g de Antrona (Sigma-Aldrich) y se disolvieron en 100 mL de ácido sulfúrico (Sigma-Aldrich).

#### **5.1.4.7 Etanol y acetaldehído**

El contenido de etanol y acetaldehído se cuantificó por el método de espacio de cabeza descrito por Davis y Chace (1969), que consistió en colocar 5 g de pulpa en viales de 25 mL sellados con una tapa de goma y aluminio, los cuales se almacenaron a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su evaluación. Cada uno de los viales se incubó en baño maría a  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 15 min. Se extrajo con una jeringa de 500  $\mu\text{L}$  de gas del espacio de cabeza y se inyectó al cromatógrafo de gases (Varian Star 3400 CX, EE. UU.), con temperatura de columna de  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la del inyector y del detector a  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . El gas de arrastre fue nitrógeno. Los resultados se reportaron en  $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  de pulpa.

#### **5.1.4.8 Acumulación de CO<sub>2</sub> dentro de los envases**

La velocidad de producción de CO<sub>2</sub> se obtuvo tomando muestras diarias del gas dentro del envase en tubos (Vacutainer®). Primero se colocó un fruto en cada envase más un número determinado de tubos (Vacutainer®) etiquetados y abiertos. Cada día se cerró un tubo de cada tratamiento dentro del envase manipulándolo desde afuera del envase. Las muestras se guardaron hasta el día de su evaluación, misma que fue hecha en un cromatógrafo de gases (Varian Star 3400 CX, EE. UU.). Se aplicaron temperaturas de 80, 150, 150 y 170 °C en inyector, TCD, FID y columna, respectivamente. La cuantificación de las concentraciones se auxilió con una curva tipo que se hizo con concentraciones conocidas de CO<sub>2</sub> provisto por la empresa Praxair de México, S. A. de C. V.

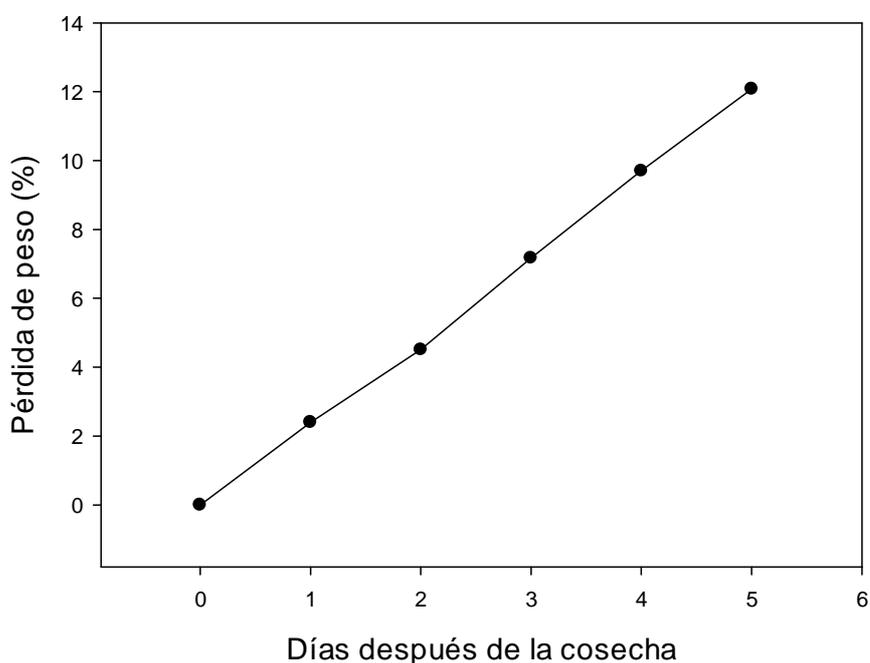
## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Calidad a la cosecha

Al momento de la cosecha los frutos tuvieron las siguientes características: firmeza de  $44.49 \pm 2.78$  N; atributos de color en cáscara de  $51.70 \pm 0.70$  en luminosidad,  $20.09 \pm 0.59$  en cromaticidad y  $105.71 \pm 1.37^\circ$  en ángulo de matiz; atributos de color en pulpa de  $87.04 \pm 0.31$  en luminosidad,  $11.87 \pm 0.25$  en cromaticidad y  $92.61 \pm 1.41^\circ$  en ángulo de matiz; acidez de  $0.28 \pm 0.06$  % de ácido málico, SST de  $12.05 \pm 1.13$  °Brix y azúcares totales de  $76.32 \pm 3.07$  mg g<sup>-1</sup>. El valor obtenido de la firmeza es muy bajo comparado con los valores que obtuvieron Li *et al.* (2009) y Alique *et al.* (2009) de 120.9 y 106.2 N, respectivamente. Esta diferencia quizá se debe a las rutinas empleadas para la medición de esta variable o a la calibración de los instrumentos. Escribano *et al.* (1997) reportaron valores similares para el color de la cáscara, lo que indica que sí se cosecharon frutos en el mismo estado de madurez. La acidez que se obtuvo es muy superior al 0.1 % que reportaron Campos-Vargas *et al.* (2008), lo cual se debe probablemente por la diferente procedencia de los frutos. En cuanto a los SST se encontró que fueron similares a los 11.1 y 10.1 °Brix que reportaron Goñi *et al.* (2007) y Alique *et al.* (2009).

## 6.2 Comportamiento del tratamiento testigo a 21 °C

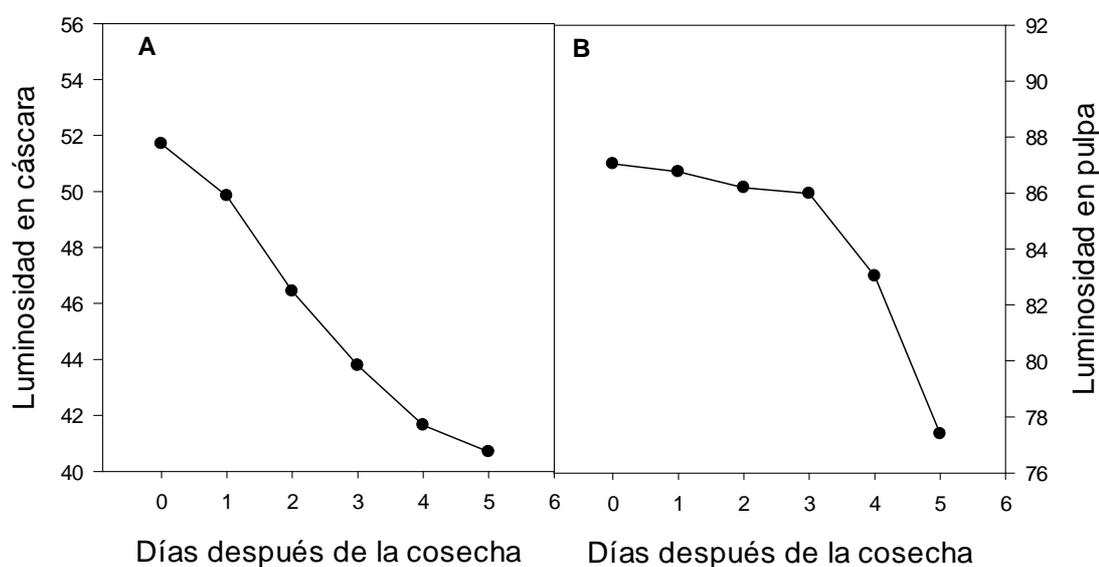
**Pérdida de peso.** Al término de cinco días de almacenamiento a 21 °C los frutos perdieron alrededor de 12 % de su peso (Figura 8). La tasa de pérdida de peso se mantuvo casi constante a través de los días, a diferencia de lo que observaron Alique *et al.* (2009) que después de tres días la tasa incrementó sustancialmente.



**Figura 8.** Pérdida de peso durante la maduración de frutos de chirimoya almacenados a 21 °C contados a partir del primer día después de la cosecha.

**Color.** El cambio de luminosidad en la cáscara y en la pulpa de frutos de chirimoya se puede ver en la Figura 9A y Figura 9B, respectivamente, y se observa que disminuyó en ambas partes. Esta disminución indica que en

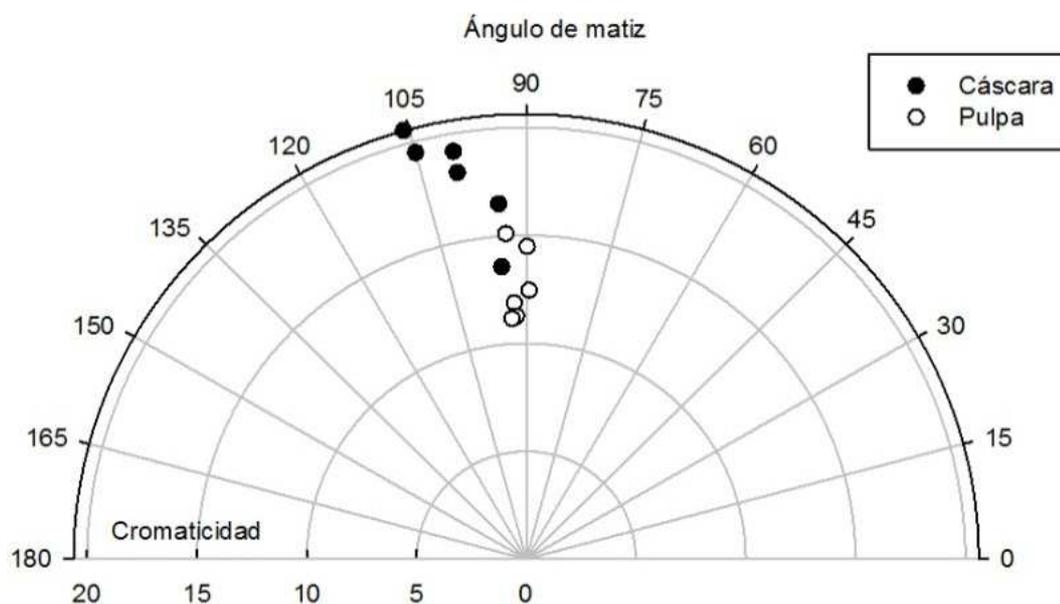
ambas partes evaluadas hubo un oscurecimiento como resultado de la maduración de los frutos. Bolívar-Fernández *et al.* (2009) observaron un cambio de L en la pulpa de saramuyo de 85.72 a 62.15 durante la maduración. De acuerdo con Escribano *et al.* (1997) el valor de L en la cáscara se puede mantener constante si se someten los frutos a un tratamiento con alto contenido de CO<sub>2</sub> (20 %) y a bajas temperaturas.



**Figura 9.** Cambio de luminosidad durante la maduración de frutos de chirimoya almacenados a 21 °C contados a partir del primer día después de la cosecha.

El ángulo de matiz disminuyó en la cáscara, pero en la pulpa no presentó ninguna tendencia durante la maduración, por lo que se puede decir que el color en la cáscara cambió de un verde claro a un color amarillo, pero ambos no son puros por los valores de la cromaticidad que indican que estos colores se encuentran un poco mezclados con el gris (Figura 10). Por su

parte, en la pulpa, el ángulo de matiz se mantuvo alrededor de los 90° y la cromaticidad entre las 12 y 15 unidades lo cual indica que la pulpa se mantuvo en el color amarillo pero por el nivel bajo en la cromaticidad este color amarillo no es puro, estuvo muy mezclado con los grises y ello conlleva a un color de baja pureza. Los datos obtenidos concuerdan con Bolívar-Fernández *et al.* (2009) quienes observaron que en saramuyo el ángulo de matiz en la pulpa cambió de 84.92 a 79.95° durante la maduración. Así también, concuerdan con Alique *et al.* (2009) quienes observaron una disminución en la cromaticidad de la cáscara de 21.11 a 17.01 en 4 días; mientras que en la cromaticidad de la pulpa difiere de Bolívar-Fernández *et al.* (2009) quienes reportaron que la cromaticidad no presentó cambios significativos en frutos de saramuyo.

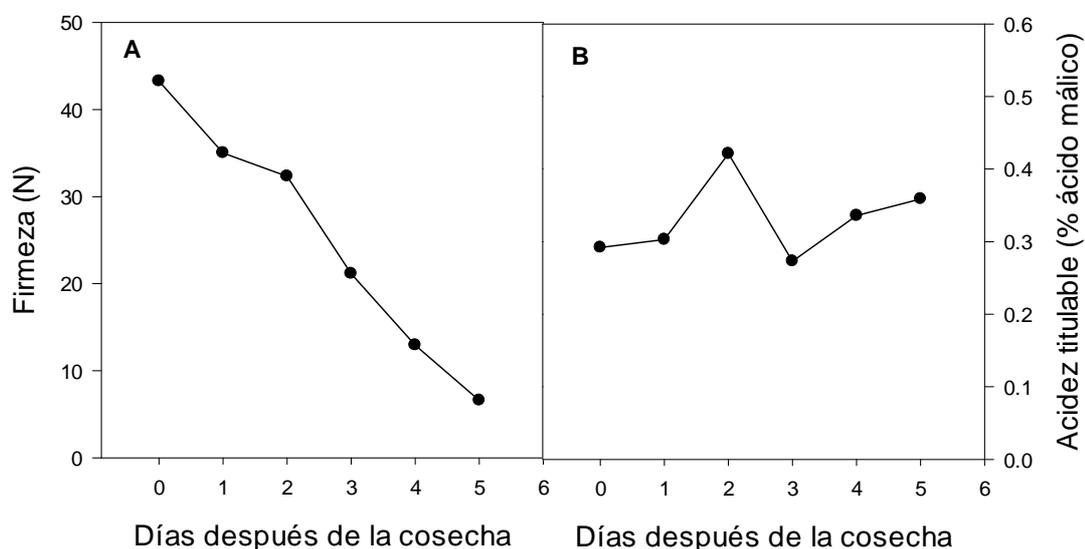


**Figura 10.** Cromaticidad y ángulo de matiz en cáscara y pulpa en frutos de chirimoya durante su maduración a 21 °C contados a partir del primer día después de la cosecha.

**Firmeza.** La firmeza disminuyó de 43.27 N a 6.59 N en cinco días (Figura 11A). Li *et al.* (2009) y Alique *et al.* (2009) observaron también una gran disminución, de 120.9 N a 16.1 N en 5 días y de 106.2 N a 9.5 N en 4 días, respectivamente; mientras que Bolívar-Fernández *et al.* (2009) observaron en saramuyo (*Annona squamosa* L.) un cambio de 107.9 N, 1 día después de cosecha, hasta 3.9 N a los 4 días. La firmeza de los frutos se puede mantener casi constante si a los frutos se les da un tratamiento con alto CO<sub>2</sub> y se les almacena a bajas temperaturas debido a que el CO<sub>2</sub> evita la acumulación de poligalacturonasa (PG) (Escribano *et al.*, 1997). El rápido proceso de ablandamiento está relacionado con la alta velocidad de respiración de los frutos (Palma *et al.*, 1993) y no es directamente inducido por el etileno (Alique y Oliveira, 1994). Las enzimas relacionadas con esta pérdida de firmeza son la XETs (xiloglucano endotransglicolasas), EXPs (expansinas) según Li *et al.* (2009), PG (Del Cura *et al.*, 1996 y Escribano *et al.*, 1997) y EGase (Sánchez *et al.*, 1998). Las modificaciones en la estructura de la pared celular pueden ser asociadas con las actividades y niveles de las enzimas que degradan la pared ya presentes en la fruta en el momento de la cosecha, y que un tratamiento con CO<sub>2</sub> previene el ablandamiento y modifica la actividad y el contenido de las enzimas que degradan la pared celular (Del Cura *et al.*, 1996).

La acidez titulable (Figura 11B) incrementó de 0.28 % de ácido málico a 0.37 %. Por un lado, Andrés-Agustín *et al.* (2006) encontraron en la accesión Cortés II 31 proveniente también de Jujucato, Michoacán 0.19 % de ácido málico en estado de madurez de consumo, yal respecto Campos-Vargas *et*

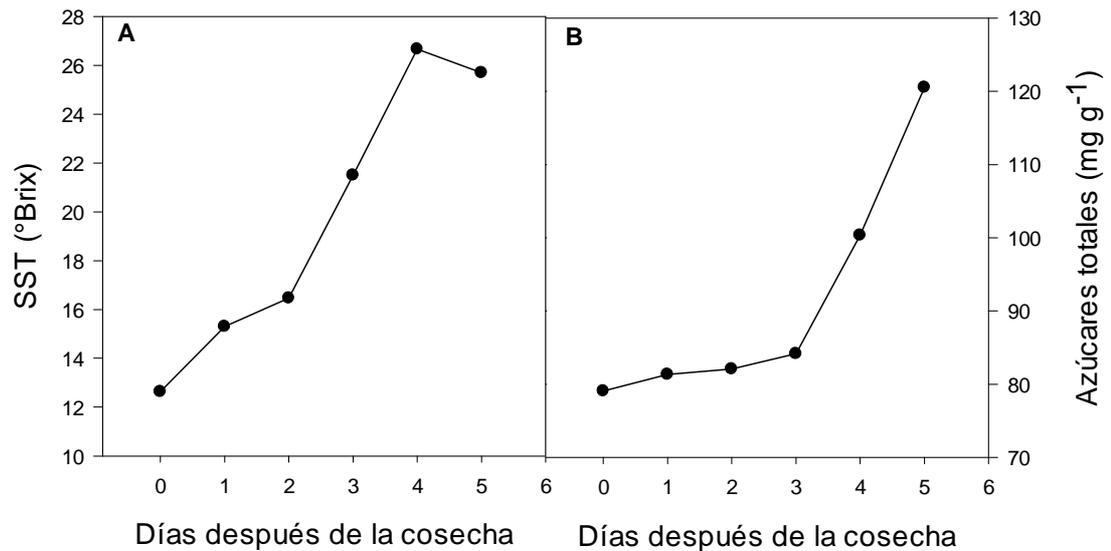
*al.* (2008) reportaron que la acidez cambia según la época de cosecha, donde aquellos frutos que cosecharon en octubre tuvieron un valor de 0.3 % de ácido málico y aquéllos cosechados en noviembre un valor de 0.2 %. Por otro lado, Bolívar-Fernández *et al.* (2009) obtuvieron un cambio de 0.15 a 0.25 % de ácido cítrico en 4 días en frutos de saramuyo, mientras que en atemoya Torres *et al.* (2009) obtuvieron un cambio de 0.109 a 0.310 mg ácido cítrico\*100 g de pulpa en 8 días. La producción de ácidos orgánicos causa una disminución en el pH de alrededor de 4.5, que es cuando la fruta es apta para su consumo (Sevillano *et al.*, 2010). Aunque Muy-Rangel *et al.* (2009), observaron una disminución en la acidez titulable durante la maduración del mango, fruto también climatérico, Gardiazabal y Rosenberg (1986) (citado por Palma *et al.*, 1993) también indican que la acidez en chirimoya incrementa en la maduración.



**Figura 11.** Firmeza y acidez titulable durante la maduración de frutos de chirimoya a partir del primer día después de la cosecha almacenados a 21 °C.

Los sólidos solubles totales incrementaron (Figura 12A) de 11.47 a 28.87 °Brix. En madurez de consumo Andrés-Agustín *et al.* (2006) encontraron en la accesión Cortés II 31 proveniente también de Jujucato, Michoacán, 17.67 °Brix el cual es muy bajo comparado con lo que se obtuvo en esta investigación, mientras que Goñi *et al.* (2007) reportaron un valor de 22.40 °Brix, Sevillano *et al.* (2010), 22.15 °Brix y Alique *et al.* (2009) 20.1 °Brix. Por otro lado, Brito *et al.* (2008) obtuvieron 21.06 % de sólidos solubles totales en puré de chirimoya, Bolívar-Fernández *et al.* (2009) observaron en saramuyo un cambio de 12.5 a 21.2 °Brix en 4 días y Torres *et al.* (2009) en atemoya encontraron un valor de 19 °Brix a los 6 días y 15.07 °Brix a los 8 días, lo que indica que después de llegar a un máximo en sólidos solubles totales, el valor tiende a disminuir. El incremento en sólidos solubles totales puede deberse a la degradación del almidón durante la maduración (Martínez *et al.*, 1993), y Campos-Vargas *et al.* (2008) han verificado que el índice de almidón disminuye cuando los frutos se cosechan en octubre y cuando se cosechan en noviembre.

Los azúcares totales incrementaron (Figura 12B) como parte del proceso normal de maduración (Saucedo-Veloz, *et al.*, 2001). El incremento fue de 79.07 a 159.08 mg g<sup>-1</sup>. En guanábana también se da un gran incremento en azúcares totales a medida que el fruto crece y madura, llegando a tener una concentración de 104 mg g<sup>-1</sup> en madurez de consumo (Franco-Mora *et al.*, 2001).



**Figura 12.** SST y azúcares totales durante la maduración de frutos de chirimoya a partir del primer día después de la cosecha almacenados a 21 °C.

### 6.3 Resumen del análisis de varianza

El Cuadro 4 muestra algunas estadísticas de ajuste del modelo a los datos experimentales. En él se aprecia un alto valor de  $R^2$  para todas las variables respuesta a excepción de la cromaticidad de la pulpa y de la acidez titulable. Asimismo, la interacción temperatura-tiempo resultó estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) en todos los casos a excepción de la cromaticidad en la pulpa. Por lo tanto, con lo que se muestra en el cuadro se puede decir que el modelo estadístico describió adecuadamente la variabilidad de los datos.

#### Cuadro 4. Estadísticas de ajuste.

Variable respuesta	SCM	SCE	CME	R <sup>2</sup>	CV	Significancia	
						T*t	Observada
Firmeza	8843.87	52.94	2.647	0.9940	6.18	<.0001	<.0001
Luminosidad en cáscara	361.05	12.61	0.630	0.9662	2.60	<.0001	<.0001
Cromaticidad en cáscara	279.41	3.23	0.161	0.9885	4.68	<.0001	<.0001
Ángulo de matiz en cáscara	1499.30	245.71	12.28	0.8591	4.71	<.0001	<.0001
Luminosidad en pulpa	301.58	31.12	1.556	0.9064	1.72	<.0001	<.0001
Cromaticidad en pulpa	11.92	6.09	0.304	0.6617	3.57	0.4386	0.0030
Ángulo de matiz en pulpa	168.81	16.39	0.819	0.9114	1.02	0.0001	<.0001
Acidez titulable	0.1369	0.0416	0.002	0.7669	15.9	0.0033	0.0001
SST	950.69	62.08	3.104	0.9387	8.73	<.0001	<.0001
Azúcares totales	33782.9	833.34	41.66	0.9759	6.40	<.0001	<.0001
Acetaldehído	483.88	31.28	1.564	0.9392	14.0	0.0062	<.0001
CO <sub>2</sub>	388.28	96.69	6.04	0.8006	9.9	0.0246	0.0001

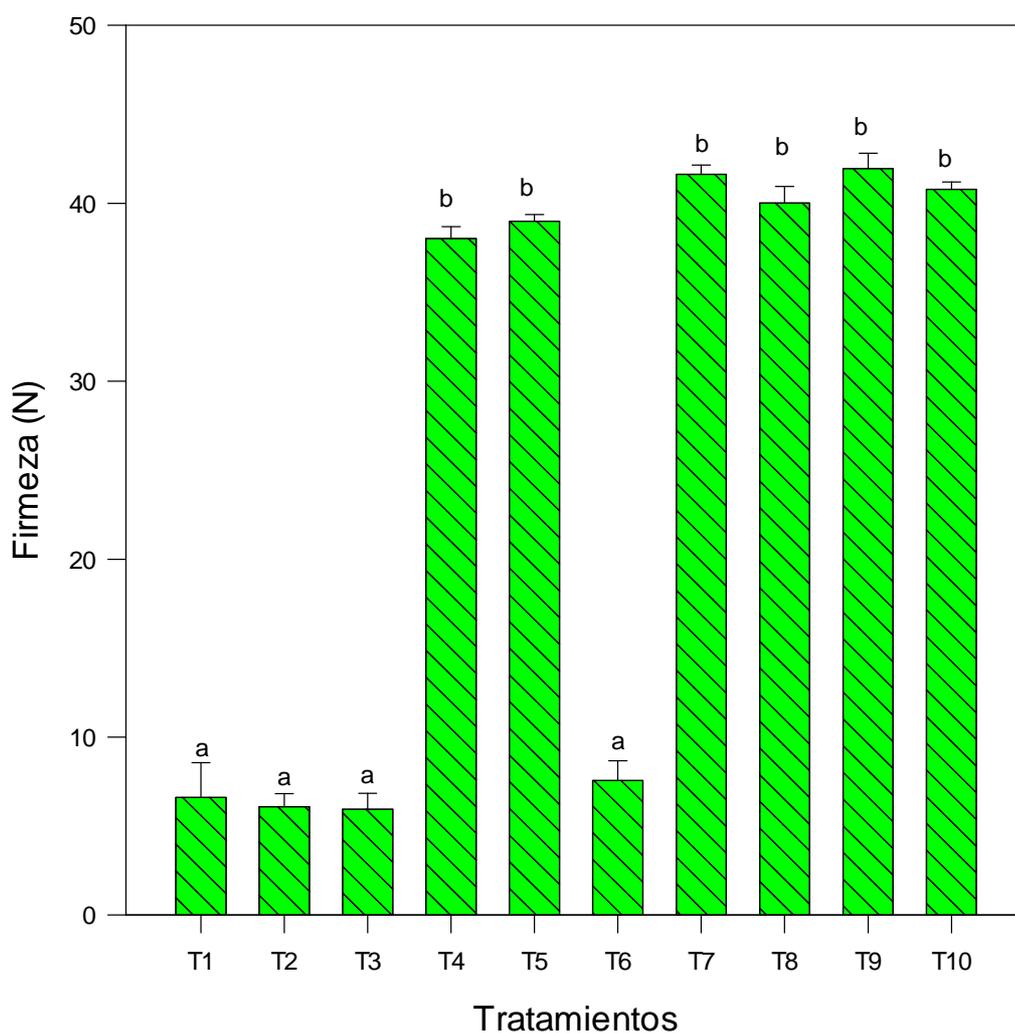
\*SCM: suma de cuadrados del modelo, SCE: suma de cuadrados del error, CME: cuadrado medio del error, R<sup>2</sup>: estadístico de ajuste, CV: coeficiente de variación, T\*t: interacción temperatura\*tiempo.

## 6.4 Efecto de los tratamientos sobre las variables respuesta

### 6.4.1 Firmeza

En la Figura 13 se observa que el efecto de los tratamientos T1, T2, T3 y T6 sobre la firmeza fue estadísticamente diferente ( $p \leq 0.05$ ) comparado con los otros tratamientos. La firmeza de los frutos sometidos a estos tratamientos

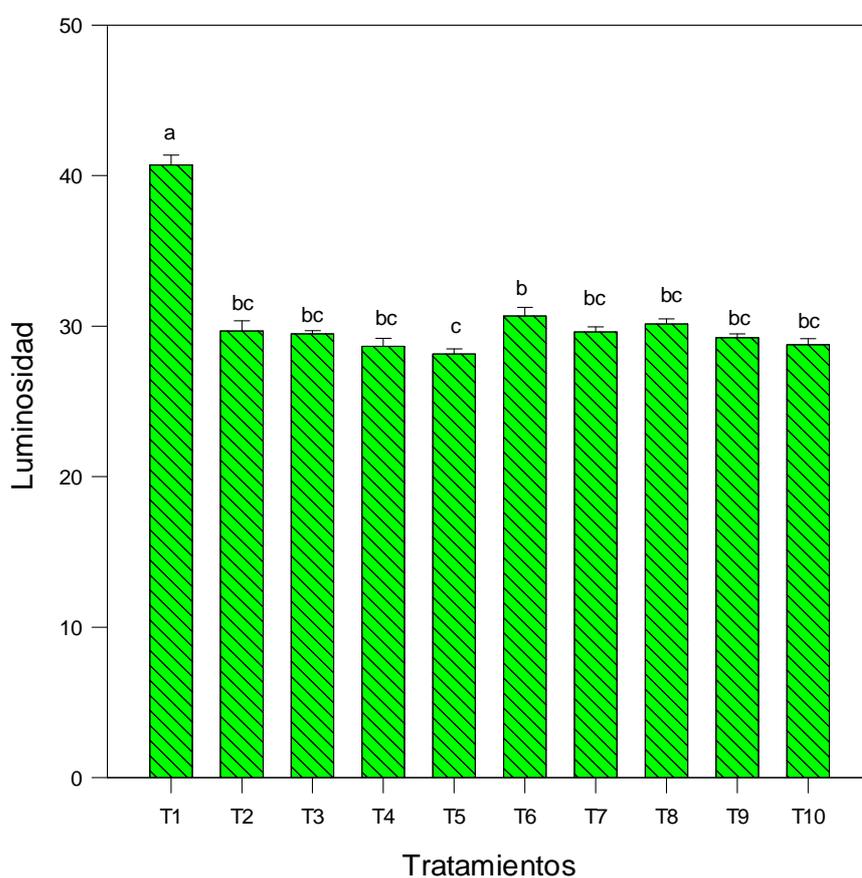
disminuyó debido a que los frutos sí lograron una maduración adecuada mientras que los frutos que se sometieron a los otros tratamientos no lograron su maduración. Con lo anterior se puede decir que las AM no funcionan en chirimoya cuando se almacenan los frutos a 12 °C y cuando se almacenan por más de tres semanas a 21 °C.



**Figura 13.** Efecto de los tratamientos de AM sobre la firmeza en frutos de chirimoya. Sobre cada barra se presenta el error estándar y las letras indican la existencia o no de diferencia entre las medias de los tratamientos (Tukey, 0.05).

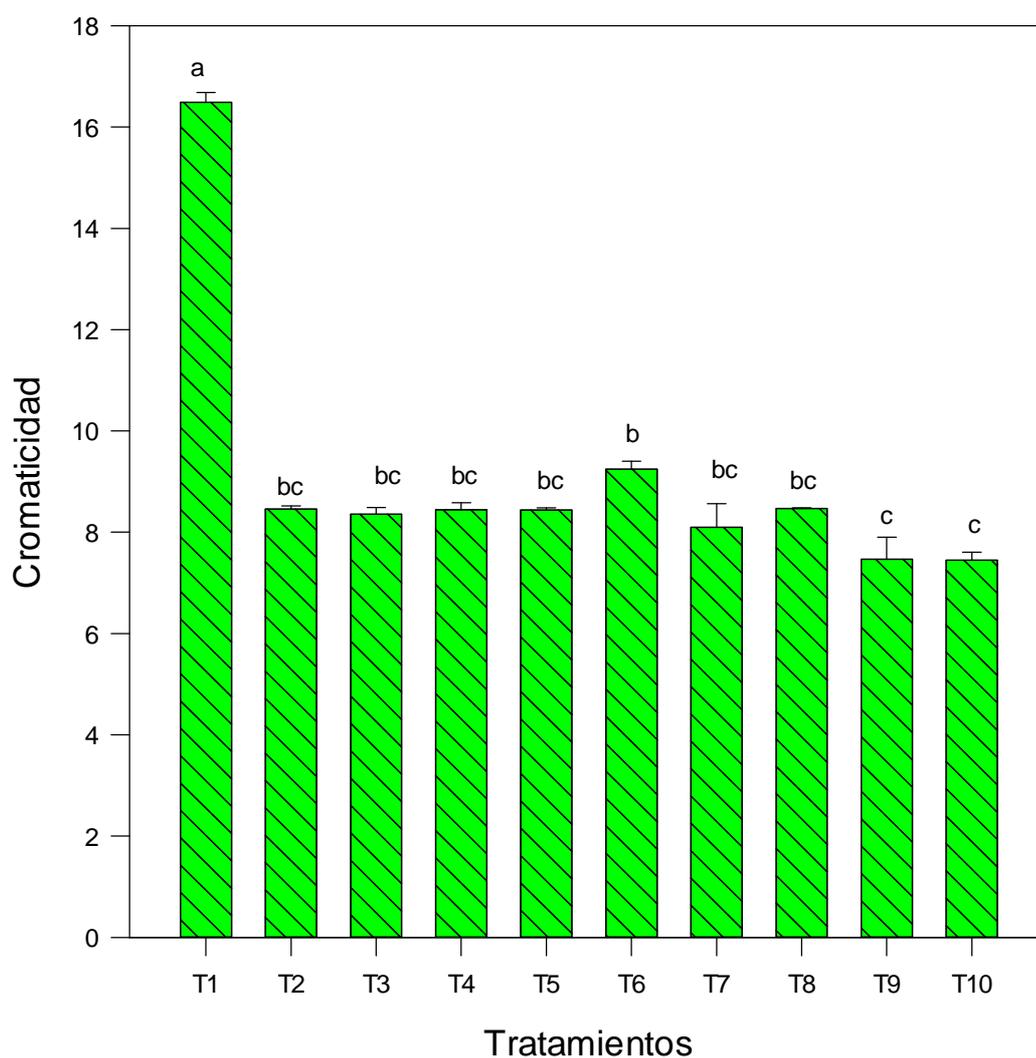
## 6.4.2 Color

**Luminosidad en cáscara.** El efecto del tratamiento T5 fue el más significativo ( $p \leq 0.05$ ) comparado con el resto de los tratamientos sobre la luminosidad en la cáscara (Figura 14). Este tratamiento provocó la más notable reducción de la luminosidad en la cáscara de los frutos de chirimoya debido a la temperatura y al prolongado tiempo de exposición a la AM. El tratamiento T1 fue el que mejor luminosidad mantuvo en los frutos debido a que condujo una maduración normal.



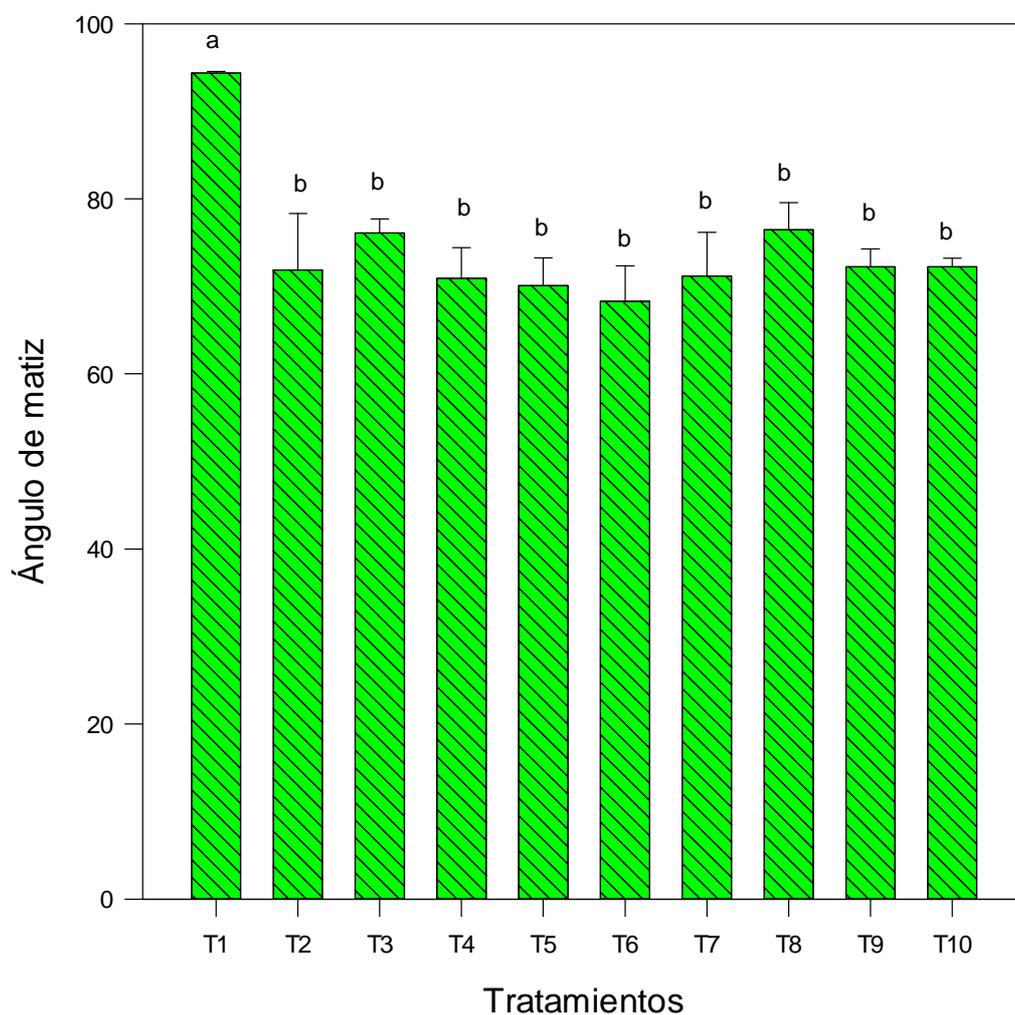
**Figura 14.** Efecto de los tratamientos de AM sobre la luminosidad en la cáscara de frutos de chirimoya. Sobre cada barra se presenta el error estándar y las letras indican la existencia o no de diferencia entre las medias de los tratamientos (Tukey, 0.05).

**Cromaticidad en cáscara.** El tratamiento T1 redujo en menor medida la cromaticidad en la cáscara de los frutos debido a que estuvo sin AM. Los tratamientos T2 y T3 (tratamientos que sí permitieron la maduración de los frutos) provocaron una reducción en esta variable respuesta pero dicha reducción es estadísticamente igual a los demás tratamientos (Figura 15).



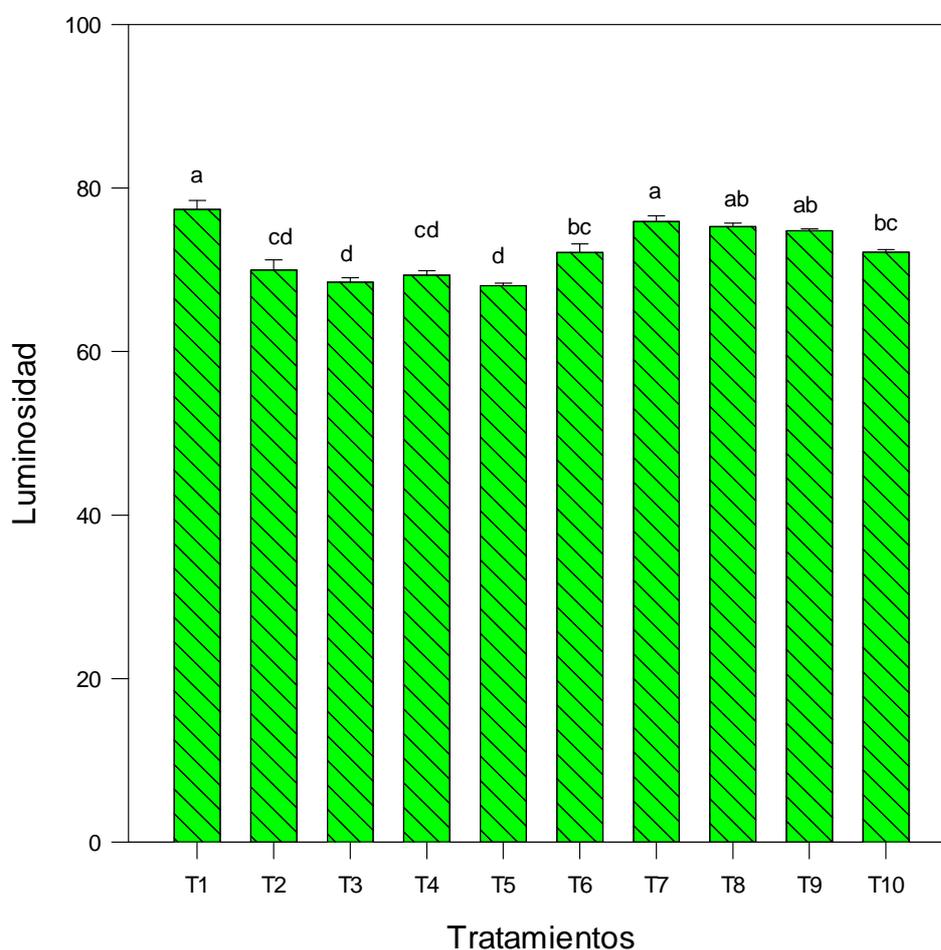
**Figura 15.** Efecto de los tratamientos de AM sobre la cromaticidad en la cáscara de frutos de chirimoya. Sobre cada barra se presenta el error estándar y las letras indican la existencia o no de diferencia entre las medias de los tratamientos (Tukey, 0.05).

**Ángulo de matiz en cáscara.** El efecto del tratamiento T1 fue estadísticamente superior ( $p \leq 0.05$ ) sobre el ángulo de matiz en la cáscara de los frutos de chirimoya (Figura 16). El resto de los tratamientos redujo en la misma medida el ángulo de matiz. Esta variable se vio afectada en menor grado por el tratamiento T1 debido a que los frutos no fueron sometidos a AM.



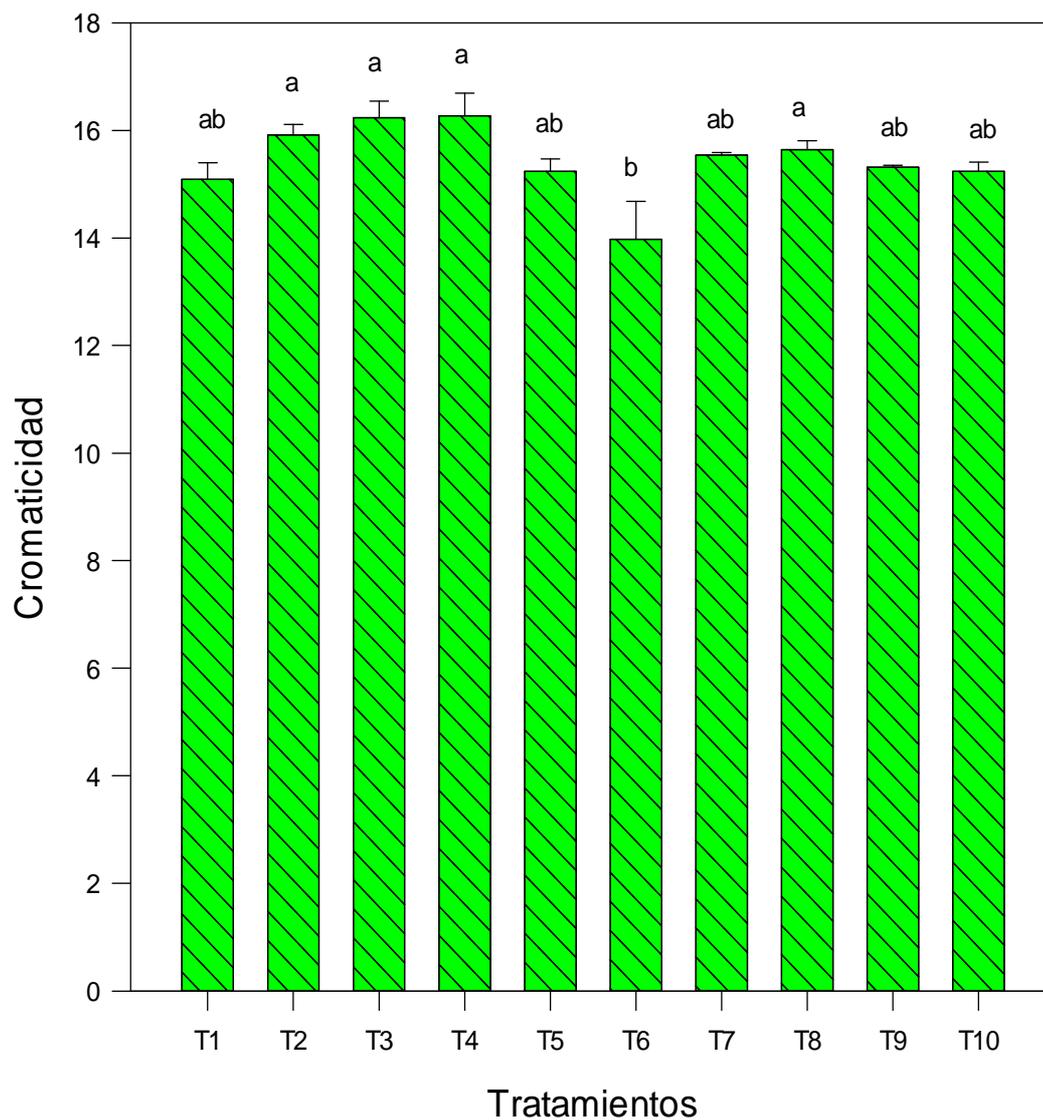
**Figura 16.** Efecto de los tratamientos de AM sobre el ángulo de matiz en la cáscara de frutos de chirimoya. Sobre cada barra se presenta el error estándar y las letras indican la existencia o no de diferencia entre las medias de los tratamientos (Tukey, 0.05)

**Luminosidad en pulpa.** En la pulpa, los tratamientos T2, T3, T4 y T5 fueron los que redujeron más la luminosidad, esto quiere decir que con estos tratamientos la pulpa fue más oscura que en los demás tratamientos. El efecto de los tratamientos T1, T7, T8 y T9 fue significativamente mejor ( $p \leq 0.05$ ) que los demás tratamientos (Figura 17), pero sólo es importante el tratamiento T1 porque los frutos sometidos a los otros tratamientos no maduraron.



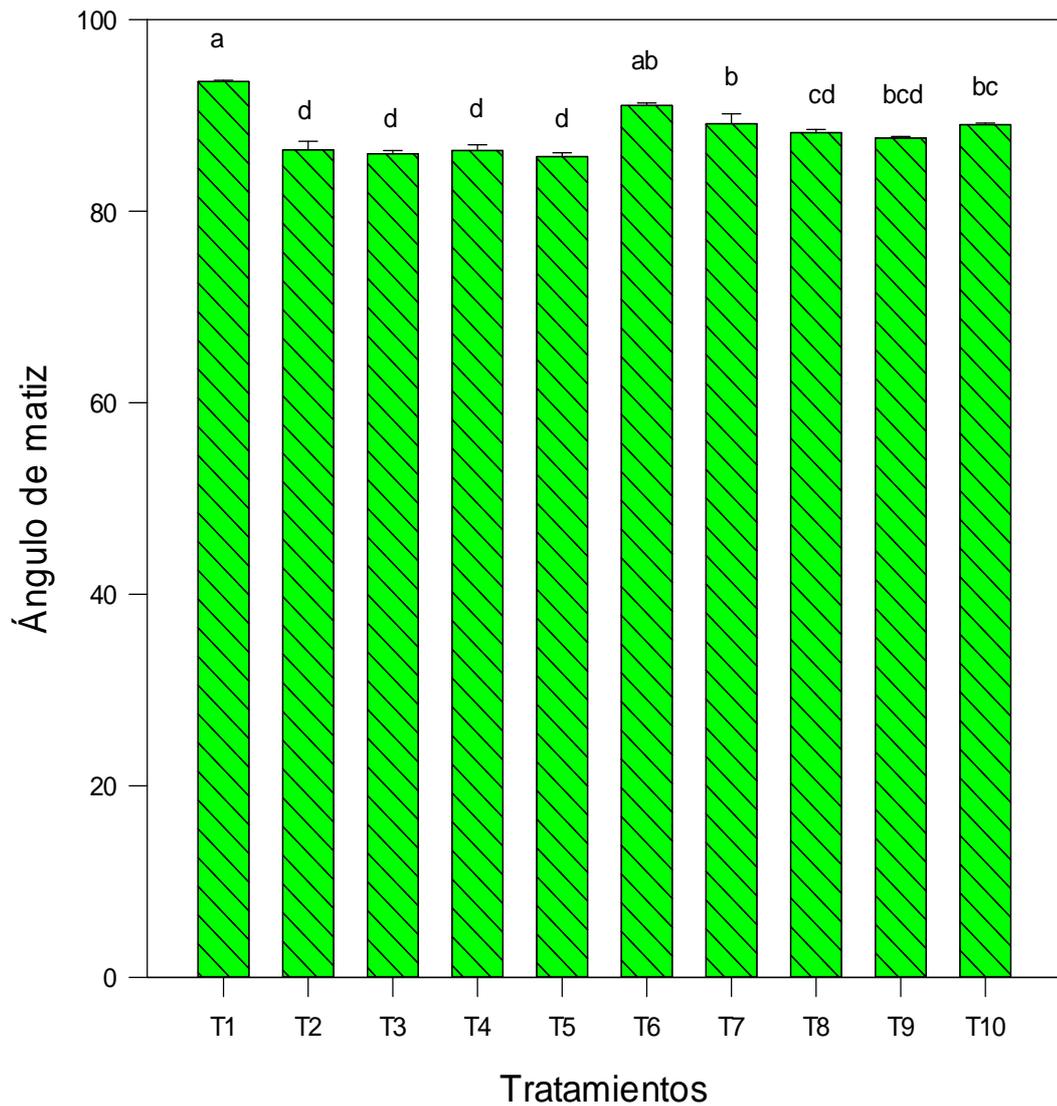
**Figura 17.** Efecto de los tratamientos de AM sobre la luminosidad en la pulpa de frutos de chirimoya. Sobre cada barra se presenta el error estándar y las letras indican la existencia o no de diferencia entre las medias de los tratamientos (Tukey, 0.05).

**Cromaticidad en pulpa.** Se observa que casi todas las medias son iguales ( $p \leq 0.05$ ) a excepción del tratamiento T6 que fue el que más redujo la cromaticidad (Figura 18), quizá debido a la temperatura a la que fueron sometidos los frutos y a que éstos sí maduraron.



**Figura 18.** Efecto de los tratamientos de AM sobre la cromaticidad en la pulpa de frutos de chirimoya. Sobre cada barra se presenta el error estándar y las letras indican la existencia o no de diferencia entre las medias de los tratamientos (Tukey, 0.05)

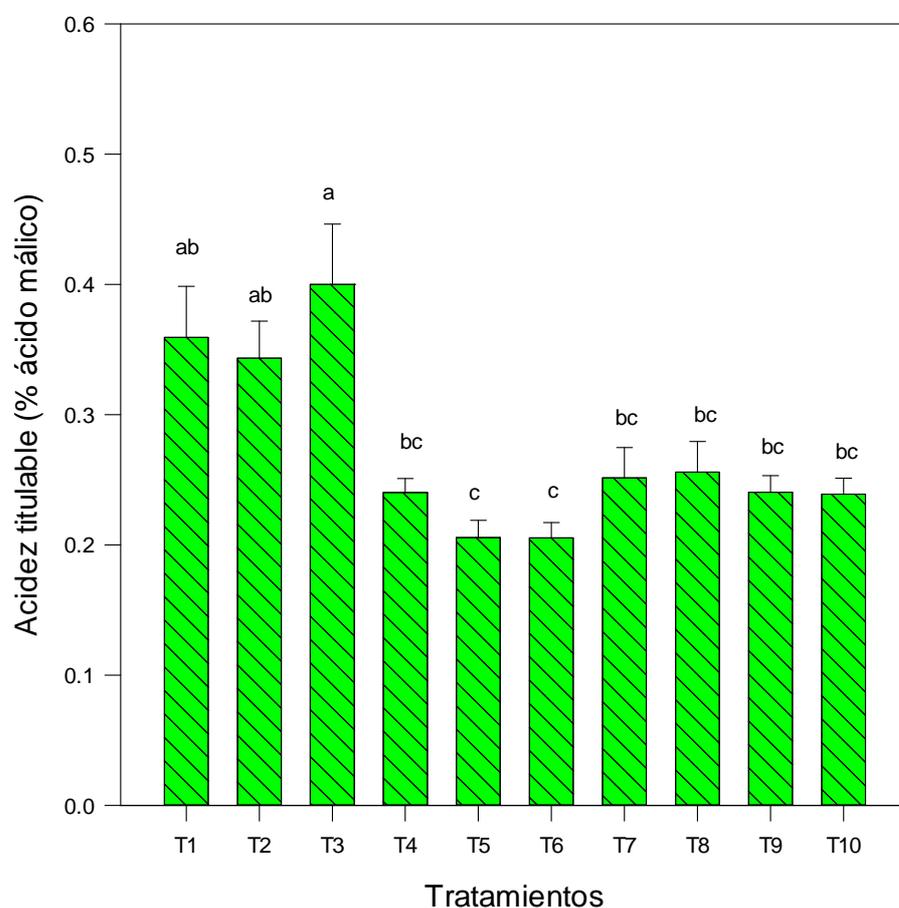
**Ángulo de matiz en pulpa.** Los tratamientos T1 y T6 fueron los que mejor ángulo de matiz mantuvieron en la pulpa, mientras que los tratamientos T2 y T3 (tratamientos que sí permitieron la maduración de los frutos) fueron dos de los que más redujeron esta variable (Figura 19).



**Figura 19.** Efecto de los tratamientos de AM sobre el ángulo de matiz en la pulpa de frutos de chirimoya. Sobre cada barra se presenta el error estándar y las letras indican la existencia o no de diferencia entre las medias de los tratamientos (Tukey, 0.05).

### 6.4.3 Acidez titulable

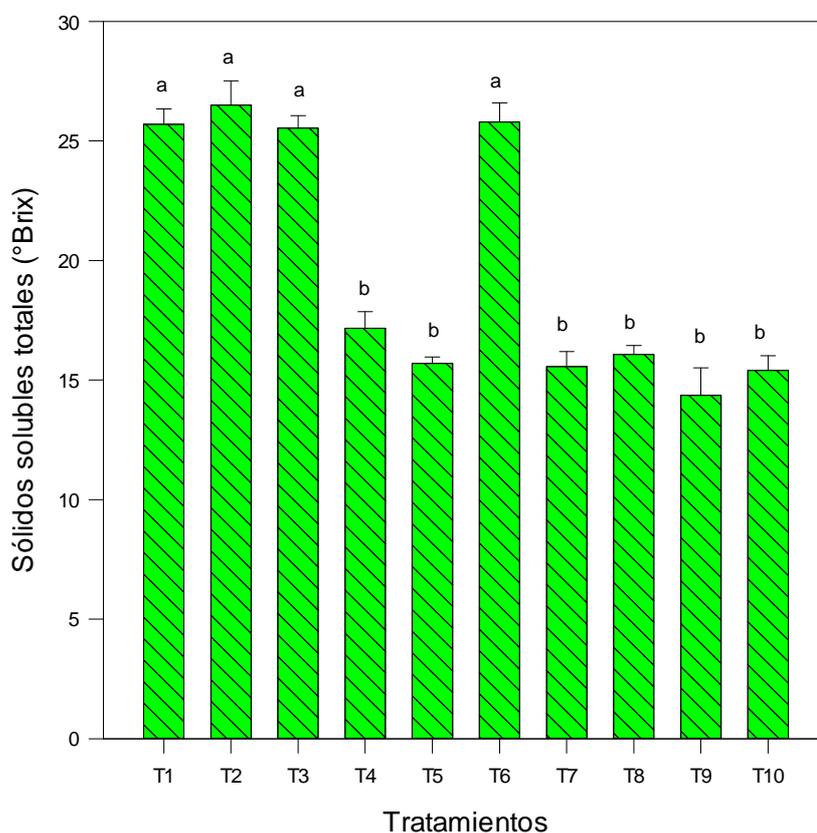
Los tratamientos T1, T2 y T3 provocaron el nivel más alto de acidez titulable en los frutos de chirimoya, lo que puede deberse a la temperatura a la que fueron expuestas (Figura 20). Esto quiere decir que estos tratamientos son útiles porque sí tienen un efecto positivo al incrementar el grado de acidez titulable lo cual es un fenómeno normal en los frutos de chirimoya.



**Figura 20.** Efecto de los tratamientos de AM sobre la acidez titulable en frutos de chirimoya. Sobre cada barra se presenta el error estándar y las letras indican la existencia o no de diferencia entre las medias de los tratamientos (Tukey, 0.05).

#### 6.4.4 Sólidos solubles totales

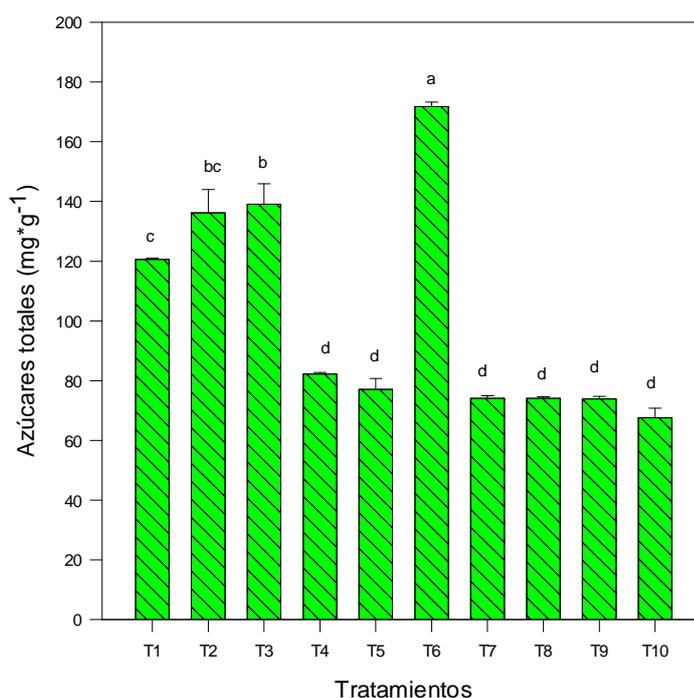
Los tratamientos T1, T2, T3 y T6 tuvieron un efecto más significativo ( $p \leq 0.05$ ) sobre los sólidos solubles totales (Figura 21). Estos tratamientos provocaron los valores más altos en °Brix que se traduce como un sabor más dulce en los frutos, mientras que en el resto de los tratamientos, que aunque los frutos no maduraron sí provocaron un cierto incremento en su nivel de sólidos solubles totales.



**Figura 21.** Efecto de los tratamientos de AM sobre los sólidos solubles totales en frutos de chirimoya. Sobre cada barra se presenta el error estándar y las letras indican la existencia o no de diferencia entre las medias de los tratamientos (Tukey, 0.05).

### 6.4.5 Azúcares totales

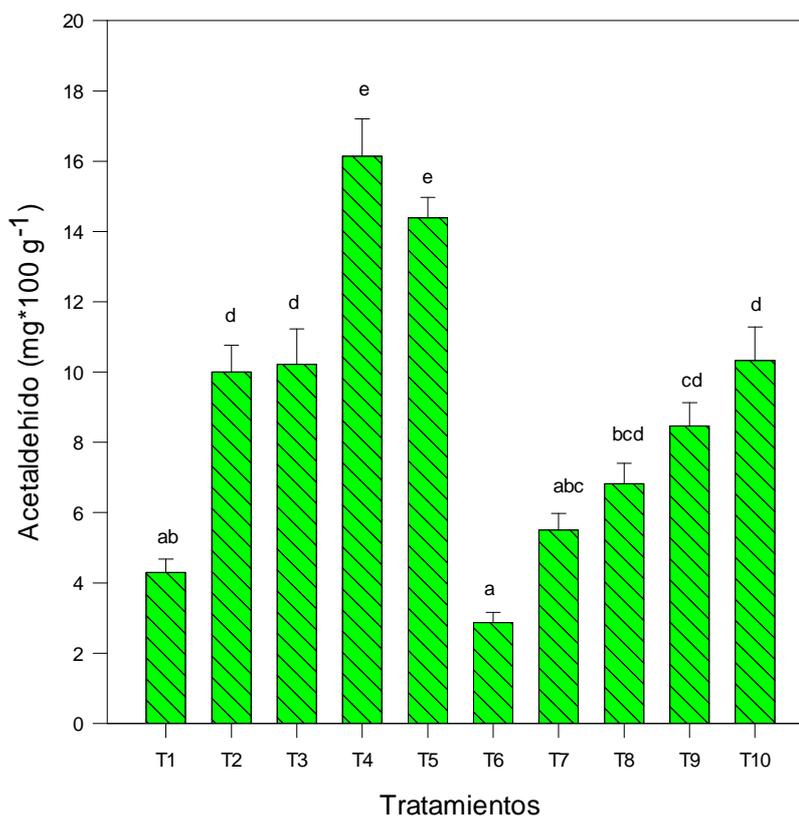
El efecto del tratamiento T6 fue el más significativo ( $p \leq 0.05$ ) sobre los azúcares totales debido a que provocó el valor más alto comparado con los otros tratamientos. Los tratamientos T1, T2 y T3 también provocaron un incremento en los azúcares totales pero menor que el tratamiento T6 (Figura 22). Los frutos sometidos a estos cuatro tratamientos sí maduraron y a ello se debe el incremento en su nivel de sus azúcares totales. Se puede observar además, que los frutos de los tratamientos T2 y T3, aunque estuvieron en AM superaron el nivel de azúcares totales de los frutos del tratamiento T1 (tratamiento sin AM).



**Figura 22.** Efecto de los tratamientos de AM sobre los azúcares totales en frutos de chirimoya. Sobre cada barra se presenta el error estándar y las letras indican la existencia o no de diferencia entre las medias de los tratamientos (Tukey, 0.05).

### 6.4.6 Acetaldehído

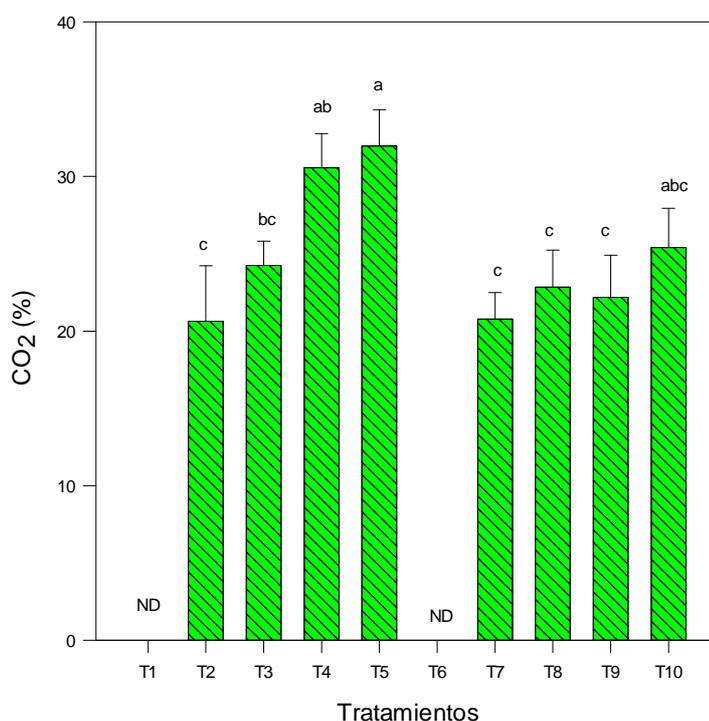
El nivel de acetaldehído generado en los frutos sometidos a los tratamientos T2 y T3 es estadísticamente mayor ( $p \leq 0.05$ ) al nivel de los frutos sometidos a los tratamientos T1 y T6 (tratamientos sin AM) (Figura 23), pero en términos de cantidad de acetaldehído por gramo de fruta los valores no son muy altos. Este incremento concuerda con Pérez-López *et al.* (2004) quienes observaron que al almacenar frutos de litchi el contenido de acetaldehído fue incrementando conforme al tiempo de almacenamiento.



**Figura 23.** Efecto de los tratamientos de AM sobre el acetaldehído frutos de chirimoya. Sobre cada barra se presenta el error estándar y las letras indican la existencia o no de diferencia entre las medias de los tratamientos (Tukey, 0.05).

#### 6.4.7 Acumulación de CO<sub>2</sub> dentro de los envases

Los tratamientos T2 y T3 fueron dos de los tratamientos que menor cantidad de CO<sub>2</sub> permitieron acumular dentro de los envases (Figura 24) y los únicos con AM que sí permitieron la maduración de los frutos, a pesar de que el la cantidad de CO<sub>2</sub> en el envase fue alta. Estadísticamente, estos dos tratamientos son iguales a los tratamientos T3, T7, T8, T9 y T10, pero éstos últimos ya no permitieron la maduración de los frutos debido al tiempo de exposición a la AM por un lado, y por el otro lado, a la temperatura.



**Figura 24.** Efecto de los tratamientos de AM sobre el contenido de CO<sub>2</sub> en envases con frutos de chirimoya. ND: no hay datos por tratarse de tratamientos sin AM. Sobre cada barra se presenta el error estándar y las letras indican la existencia o no de diferencia entre las medias de los tratamientos (Tukey, 0.05).

## 6.5 Efecto del almacenamiento en el envase plástico

Los frutos almacenados sin AM a temperatura ambiente maduraron en cinco días mientras que los que fueron almacenados a 12 °C lo hicieron en 13 días, en ese momento el sabor fue el característico de un fruto en estado óptimo de madurez de consumo.

Los que se almacenaron por una semana en AM a temperatura ambiente y que luego fueron retirados de la condición para llevarlos a una atmósfera y temperatura normales lograron su maduración en 4 días y los que estuvieron en la misma condición por dos semanas lo hicieron en tres días.

Los frutos que estuvieron en AM por tres y cuatro semanas a temperatura ambiente, después de llevarlos a una condición normal de aire y temperatura, ya no lograron su maduración. Así mismo, los frutos que estuvieron en AM a 12 °C durante una, dos, tres y cuatro semanas, ya no lograron madurar después de llevarlos a una condición normal de aire y temperatura.

Cuando Yamashita *et al.* (2002) envolvieron frutos de atemoya con la película PD-955 y los pusieron a 25 °C durante tres días, los frutos maduraron un día después de desenvolverlos.

## **7. CONCLUSIONES**

La chirimoya es una fruta altamente perecedera por lo que requiere un manejo cuidadoso para evitar posibles daños mecánicos que provocarían un deterioro aún más rápido. Pierde rápidamente su firmeza y color cuando se almacena a temperatura ambiente y en aire normal. Este alto grado de perecibilidad se puede reducir haciendo uso de una atmósfera modificada. Al poner los frutos en un envase plástico de polietileno a temperatura ambiente se puede alargar 13 días más la vida de anaquel de los frutos y si se almacenan a 12 °C con la AM los frutos ya no logran su maduración.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Alique, R., y 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 (3): 799–803.

Alique, R.; Luna, P. ; Hernández, T. y Martínez, M. A. (2009). Residual effect of atomised water vapour treatment on carbohydrate metabolism during ripening of cv “Fino de Jete” cherimoya fruit. *European Food Research Technology* 229: 661–669.

Andrés-Agustín, J. y Rebollar-Alviter, A. (1996). El cultivo de la chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en el estado de Michoacán. Universidad Autónoma Chapingo. México. 62 p.

Andrés-Agustín, J.; González, A. F.; Nieto, A. R. and Barrientos, P. A. F. (2006). Morphometry of the organs of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) and analysis of fruit parameters for the characterization of cultivars, and Mexican germplasm selections. *Scientia Horticulturae* 107: 337-346.

Andrés-Agustín, J. y Andrés-Hernández, L. (2011). Biología, diversidad, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de Annonaceae en México. Universidad Autónoma Chapingo-Centro Regional Universitario Centro Occidente. México. 141 p.

Association of Official Agricultural Chemist (A.O.A.C.). 1990. Official Methods Analysis. Washington D.C. 1015 p.

Batten, D. J. (1990). Effect of temperature on ripening and postharvest life of fruit of atemoya (*Annona cherimola* Mill. x *A. squamosa* L.) cv. 'African Pride'. *Scientia Horticulturae* 45 (1-2): 129–136.

Bioversity International y CHERLA. (2008). Descriptores para chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.). Bioversity International, Roma, Italia; Proyecto CHERLA, Málaga, España.

Bolívar-Fernández, N.; Saucedo-Veloz, C.; Solís-Pereira, S. y Sauri-Duch, E. (2009). Maduración de frutos de saramuyo (*Annona squamosa* L.) desarrollados en Yucatán, México. *Agrociencia* 43 (2): 133-141.

Brito, B., M. Rodríguez, I. Samaniego, M. I. Jaramillo and F. Vaillant. (2008). Characterising polysaccharides in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) purée and their enzymatic liquefaction. *European Food Research and Technology* 226: 355–361.

Campos-Vargas, R., B. G. Defilippi, P. Romero Q., H. Valdés G., P. Robledo M. and H. Prieto E. (2008). Effect of harvest time and l-cysteine as an antioxidant on flesh browning of fresh-cut cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). *Chilean Journal of Agricultural Research* 68 (3): 217-227.

Cerdas, A. M. M.; Umaña, R. G. y Castro, R. J.J. (2007). Manual de manejo poscosecha de anona (*Annona cherimola* Mill.). Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 67 p.

Costa-Branco, P.; Castilho, P. C.; Rosa, M. F. y Ferreira, Juan. (2010). Characterization of *Annona cherimola* Mill. Seed Oil from Madeira Island: a Possible Biodiesel Feedstock. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 87: 429–436.

Davis P. L., W. G. Chase (1969). Determination of alcohol in citrus juice by gas chromatographic analysis of head space. *Horticultural Science* 4: 117-119.

Day, B. P. F. (2001). Modified atmosphere packaging of fresh fruit and vegetables—an overview. *In: Proceedings 4th International Conference On Postharvest* (Edited by Ben-Arie, R. and Philosoph-Hadas, S.). *Acta Horticulturae* 553: 585-590.

Del Cura, B.; Escribano, M. I.; Zamorano, J. P. y Merodio, C. (1996). High carbon dioxide delay postharvest changes in RuBPCase and polygalacturonase-related protein in cherimoya peel. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121: 735–739.

Escribano, M. I.; Del Cura, B.; Muñoz, T. y Merodio, C. (1997). The effect of high carbon dioxide at low temperature on ribulose 1,5-biphosphate carboxylase and polygalacturonase protein levels in cherimoya fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122 (2): 258–262.

FAO. 2010. El fomento del cultivo de la chirimoya en América Latina. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x2450s/x2450s09.htm>. Consultado el 4 de mayo de 2012.

Franco-Mora, O.; Jasso, M. J.; García, V. E. y Saucedo, V. C. (2001). Crecimiento y calidad de frutos de *Annona muricata* L. con diferente intensidad de polinización. *Revista Fitotecnia Mexicana* 24 (2): 139-144.

Geurts, F. (1981). *Annonaceous Fruits*. Royal Tropical Institute, Amsterdam, Netherlands. 16 p.

Goñi, O.; Muñoz, M.; Ruiz-Cabello, J.; Escribano, M.I. y Merodio, C. (2007). Changes in water status of cherimoya fruit during ripening. *Postharvest Biology and Technology*. 45: 147–150.

Goñi, O.; Sanchez, B. M. T.; Merodio, C. y Escribano, M. I. (2009). Regulation of defense and cryoprotective proteins by high levels of CO<sub>2</sub> in *Annona* fruit stored at chilling temperature. *Journal Plant Physiology* 166 (3): 246-258.

Gupta-Elera, G.; Garrett, A. R.; Martinez, A.; Robison, R. A. and O'NEILL, K. L. (2011). The antioxidant properties of the cherimoya (*Annona cherimola*) fruit. *Food Research International* 44: 2205 – 2209.

Gutiérrez, M.; Mar, S. M. y Vargas, A. M. (2005). Fatty acid composition of phospholipids in mesocarp of cherimoya fruit during ripening. *Food Chemistry* 90 (3): 341-346.

Kader, A. A. (2007). *Atmósferas Modificadas en el Transporte y el Almacenamiento. In: Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas* (Editado por KADER, A. A.). Tercera Edición. Universidad de Davis California. Series de Horticultura Postcosecha No. 24. Estados Unidos de América. p. 157-168.

Kader, A. A. and Arpaia, M. L. (2009). Cherimoya: atemoya and sweetsop. Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/PFfruits/Cherimoya/>. Consultado el 1 de mayo de 2012.

Li, C., Shen, W., Lu, W., Jiang, Y., Xie, J., and Chen, J. (2009). 1-MCP delayed softening and affected expression of XET and EXP genes in harvested cherimoya fruit. *Postharvest Biology and Technology* 52: 254-259.

Martínez, G., M. Serrano, M.T. Pretel, F. Riquelme, and F. Romojaro. (1993). Ethylene biosynthesis and physicochemical changes during fruit ripening of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) Journal of Horticultural Science 68: 477-483.

Martínez-Flores, A.; Corrales-García, J. J. ; Espinosa-Solares, T. ; García-Gatica, P. G. y Villanueva-Verduzco, A. (2008). Cambios postcosecha del hongo comestible huitlacoche (*Ustilago maydis* (D. C.) Corda). Revista Chapingo Serie Horticultura 14(3): 339-346.

McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. Horticultural Science 27: 1254-1255.

Muy-Rangel, D.; Espinoza-Valenzuela, B.; Siller-Cepeda, J.; Sañudo-Barajas, A.; Baldez-Torres, B. y Osuna-Enciso, T. (2009). Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) y de una película comestible sobre la actividad enzimática y calidad poscosecha del mango "Ataulfo". Revista Fitotecnia Mexicana 32 (1): 53-60.

Pablo, Z. J.; Alique, R. y Canet, W. (1999). Mechanical parameters to assess quality changes in cherimoya fruit. Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und-Forschung A 208:125–129.

Palma, T.; Aguilera, J.M. y Stanley, D.W. (1993). A review of postharvest events in cherimoya. Postharvest Biology and Technology 2 (3): 187–208.

Pareek, S.; Yahia, E.M.; Pareek, O.P. y Kaushik, R.A. (2011). Postharvest physiology and technology of Annona fruits. Food Research International 44: 1741 –1751.

Pérez-López, A., Saucedo, V. C., Arévalo, G. M. L. y Muratalla, L. A. (2004). Efecto del grado de madurez en la calidad y vida postcosecha de

ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). Revista Fitotecnia Mexicana 27 (2): 133 – 139.

Pinto, A. C. Q. ; Cordeiro, M. C. R. ; de Andrade, S. R. M. ; Ferreira, F. R. ; Filgueiras, H. A. C. and Alves, R. E., *et al.* (2005). *Annona species* (pp. 263). Southampton: International Centre for Underutilized Crops, University of Southampton.

Portalbesana, (2012a). Disponible en: <http://www.portalbesana.es/estaticas/informacion/paginas/variedades.html>. Consultado el 15 de julio de 2012.

Portalbesana, (2012b). Disponible en: <http://www.portalbesana.es/estaticas/informacion/paginas/composicionyusos.html>. Consultado el 15 de julio de 2012.

Rodov, V. ; Horev, B.; Goldman, G; Vinokur, Y. and Fishman, S. (2007). Model-driven Development of Microperforated Active Modified-Atmosphere Packaging for Fresh-cut Produce. *In: Proceedings International Conference on Quality Management of Fresh Cut Produce 83* (Edited by Kanlayanarat *et al.*). Acta Horticulturae 746: 83-88.

Sánchez, J.A.; Zamorano, J.P.; Hernandez, T. y Alique, R. (1998). Enzymatic activities related to cherimoya fruit softening and sugar metabolism during short-term controlled atmosphere treatments. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung A* 207: 244–248.

Saucedo-Veloz, C.; Martínez, M. A.; Chávez, F. S. H. y Soto, H. R. M. (2001). Maduración de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq) H.E. Moore & Stearn) tratados con etileno. Revista Fitotecnia Mexicana 24 (2): 231-234.

SAS. (2002). Statistical Analysis System. User's guide. Version 9, The Institute Inc., Cary, NC. USA.

Sevillano, L.; Sola, M. M. and Vargas, A. M. (2010). Induction of small heat-shock proteins in mesocarp of cherimoya fruit (*Annona cherimola* Mill.) produces chilling tolerance. Journal of Food Chemistry 34 (3): 625-638.

SIAP, (2010a). [http://www.siap.gob.mx/aagricola\\_siap/icultivo/index.jsp](http://www.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp). Consultado el 5 de mayo de 2012.

SIAP, (2010b). [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=142&Itemid=427](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=142&Itemid=427). Consultado el 15 de mayo de 2012.

Stable Micro Systems. (2005). TA.XT2 Operating Manual. Version 6.1 and 7.1. United Kingdom. 89 p.

Torres, L. M. A. R.; Silva, M. A.; Guaglianoni, D. G. y Neves, V. A. (2009). Effects of heat treatment and calcium on postharvest storage of atemoya fruits. Alimentos e Nutrição, Araraquara 20 (3): 359–367.

USDA, 2012. Disponible en <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=ANCH9>. Consultado el 8 de mayo de 2012.

Villanueva-Arce, R.; Hernández, A. A. M.; Yáñez, M. M. J.; Téliz, O. D.; Mora, A. A.; Cárdenas, S. E. y Álvaro, C. V. (2005). Caracterización e identificación de *Colletotrichum fragariae* en frutos de chirimoya. Agrociencia 39 (1): 93-106.

Villanueva-Arce, R. ; Cárdenas, S. E.; Hernández, A. A. M.; Mora, A. A. y Téliz, O. D. (2006). Patogénesis de la antracnosis (*Colletotrichum fragariae*) en frutos de chirimoya. Agrociencia 40 (6): 773-782.

Whitham, F. F. ; D. F. Blaydes and R. M. DEVLIN. (1971). Experiments in plant physiology. Van Nostrand Reinhold. N. Y. 245 p.

Yamashita, F.; Da Silva, M. L. E.; De Azevedo, M. L. and De Almeida E, S. C. M. (2002). Effects of packaging and temperature on postharvest of atemoya. Revista Brasileira de Fruticultura 24 (3): 658-660.