



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO  
POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
FRUTICULTURA**

**EVALUACIÓN POSTCOSECHA DE TRES SELECCIONES DE PITAHAYA  
(*Hylocereus undatus*), EN REFRIGERACIÓN Y ATMÓSFERAS  
CONTROLADAS.**

**CARMEN ARIDAI HERNÁNDEZ ESTRADA**

**T E S I S  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**

**2012**

La presente tesis titulada: “EVALUACIÓN POSTCOSECHA DE TRES SELECCIONES DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN REFRIGERACIÓN Y ATMÓSFERAS CONTROLADAS” realizada por la alumna Carmen Aridai Hernández Estrada, con la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
FRUTICULTURA**

**CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERO:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. SERGIO HUMBERTO CHÁVEZ FRANCO**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**DRA. ANA LID DEL ANGEL PÉREZ**

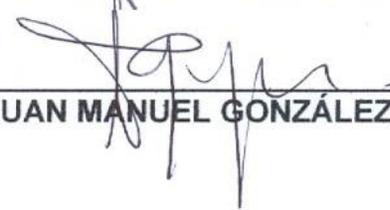
**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**DRA. MARÍA TERESA COLINAS LEÓN**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ANDRÉS REBOLLEDO MARTÍNEZ**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. JUAN MANUEL GONZÁLEZ CAMACHO**

**Montecillo Texcoco, Estado de México, Agosto de 2012**

# **EVALUACIÓN POSTCOSECHA DE TRES SELECCIONES DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN REFRIGERACIÓN Y ATMÓSFERAS CONTROLADAS**

**Carmen Aridai Hernández Estrada, M.C.**

**Colegio de Posgraduados, 2012**

## **Resumen**

La conservación de los frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en postcosecha constituye un cuello de botella para la comercialización del fruto, ya que aunque posee un amplio mercado internacional no se ha estandarizado una metodología de almacenamiento postcosecha para las diferentes selecciones, clones o variedades que se generan. México es uno de los países de origen de este frutal y sin embargo, la tecnología para prolongar la vida de anaquel de estos frutos, es insuficiente; por ello es importante generar opciones de conservación que favorezcan y permitan incrementar la preservación del fruto durante periodos prolongados favoreciendo sus oportunidades de su comercialización las cuales se han incrementado en los últimos años. En este contexto, en la presente investigación se evaluó la conservación de la calidad en el almacenamiento a  $6\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  bajo el efecto de las atmósferas controladas (AC) con una concentración de 5% de  $\text{CO}_2$ , 18% de Oxígeno y 77 % de Nitrógeno, en tres selecciones de pitahaya “Tanith” (cáscara amarilla-pulpa blanca) “Rosa del Sureste” (cáscara roja-pulpa blanca) y “Andrea” (cáscara roja-pulpa blanca), con diferentes periodos de almacenamiento. Los resultados mostraron que el incremento en los niveles de  $\text{CO}_2$ , favorecen la conservación de la selección Tanith a bajas temperaturas hasta por 29 días favoreciendo parámetros de calidad (acidez y pH) sin afectar otros como el color y azúcares totales. Además de reducir la pérdida de peso y retrasar la pérdida de firmeza durante el almacenamiento de los frutos. La selección Rosa del Sureste se benefició con la implementación de una AC con 5% de  $\text{CO}_2$ , se disminuyen los daños por frío y favoreciendo parámetros de calidad como acidez y pH; sin embargo no conserva su calidad por periodos mayores a 24 días. La selección Andrea, mostró una buena adaptación a bajas temperaturas con en el tratamiento de AC con 5% de  $\text{CO}_2$ , el cual favoreció su almacenamiento por 36 días, pero presentó menor calidad que Tanith y Rosa del Sureste.

*Palabras clave: Selecciones, Hylocereus undatus y atmósferas controladas*

**Postharvest evaluation of three selections of Pitahaya (*Hylocereus undatus*)  
under refrigeration and controlled atmospheres**

**Carmen Aridai Hernández Estrada, M.C.**

**Colegio de Posgraduados, 2012**

**Abstract**

Postharvest storage of pitahaya fruits (*Hylocereus undatus*) has been a big problem for its international marketing, due to a lack of standard methodology applied to several selections, clones and varieties been generated. Mexico is one the countries where pitahaya was originated, however the evaluations of their shelf life properties still are not enough, that is why it is very important to study postharvest handling technology to allow longer shelf life to improve it's continuously growing marketing opportunities during last years. This research evaluated Pitahaya quality using cold storage at  $6\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  under controlled atmospheres (CA) of 5% CO<sub>2</sub> +18% Oxygen + 77 % Nitrogen, applied to three Pitahaya selections Tanith (yellow skin and white flesh), 'Rosa del Sureste' (red skin and white flesh) and Andrea (red skin and white flesh), stored under three storage periods of time. Results showed that high levels of CO<sub>2</sub> favored good quality of Tanith selection at low storage temperature during 29 days, having good quality (total-titratable-acidity and pH) with no bad effects on color and total sugar content, in addition to reduce postharvest weight losses and delay loss in firmness during fruit maturation. 'Rosa del Sureste' showed good adaptation to CA alt levels of 5% CO<sub>2</sub> reducing its chilling injury and having good response on quality parameters like total-titratable-acidity and pH; however cannot keep their good quality for more than 24 days. Andrea selection showed good adaptation to low storage temperatures using CA at 5% CO<sub>2</sub> which favored its storage during 36 days, with lower quality than Tanith and 'Rosa del Sureste'.

Keywords: Selections, *Hylocereus undatus*, Controlled Atmospheres.

# Dedicatoria

**A Dios:**

*Todo lo puedo en Cristo que me fortalece  
(Filipenses 4:13)*

**Con mucho amor a mi familia:**

*Mi mamá Josefa Estrada Barrios  
Mi papá Moises Hernández Torres (+)  
Mi hermano Zorba  
Mis hermanas Mónica y Ninel*

**A mi esposo:**

*Rogelio Miranda Marini*

## ***Agradecimientos***

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo otorgado para la realización de los estudios de Maestría en Ciencias en el Colegio de Postgraduados.

Al Instituto de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), campo Cotaxtla, por su colaboración en la obtención de fruta para la investigación.

Al Colegio de Postgraduados en general y en especial al Programa de Fruticultura por la oportunidad y formación brindada.

Al Dr. Sergio Humberto Chavez Franco

Al Consejo particular y en especial a: Dra. Ana Lid del Angel Perez, Dra. Ma. Teresa Colinas León Aguilera y Dr. Juan Manuel González Camacho, Dr. Andres Rebolledo Martinez.

A mis compañeros y amigos: Marcos Vazquez Hernández y Mariana Palma Tenango, por ayudarme en todo lo que desconocía; a Nelly, Itzel, Rubén por compartir buenos momentos y experiencias durante los estudios y brindarme su apoyo.

Al Ing. Jeremías Nataren Velazquez, por su apoyo en campo.

Al Sr. Arturo López Veloz, por su apoyo en el trabajo de laboratorio.

A todo el personal de Fruticultura por el apoyo brindado durante mis estudios, en especial el M.C. David Jaen Contreras.

A la Sra. Martha Debayle, por su orientación emocional y personal, para la finalización de esta etapa de mi vida.

A todos aquellos que en este momento escapan de mi memoria pero que de alguna manera contribuyeron en mi formación personal y profesional.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
1. INTRODUCCIÓN .....	13
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
2.1 Centro de origen .....	16
2.2 Condiciones del Cultivo.....	17
2.2.1 Temperatura y Humedad .....	17
2.2.2 Altura.....	17
2.2.3 Suelo.....	17
2.3 Descripción taxonómica .....	19
2.4 Descripción botánica.....	19
2.5 Descripción del fruto .....	21
2.6 Propiedades y aprovechamiento de la pitahaya. ....	22
2.7 Cambios físicos y químicos postcosecha.....	23
2.8 Conservación y tratamientos postcosecha en pitahaya .....	26
2.8.1 Daños por frío .....	28
2.9 Tratamientos adicionales a la refrigeración en frutos de pitahaya .....	28
2.10 Las atmósferas controladas .....	30
3. MATERIALES Y METODOS .....	33
3.1 Materiales. ....	33
3.2 Establecimiento del experimento .....	34
3.3 Variables respuesta .....	38
3.3.1 Acidez .....	38
3.3.2 pH .....	38
3.3.3 Sólidos solubles totales. ....	38
3.3.4 Azúcares totales y reductores.....	39
3.3.5 Ácido ascórbico.....	39
3.3.6 Firmeza .....	40
3.3.7 Tamaño.....	40
3.3.8 Pérdidas fisiológicas de peso.....	40
3.3.9 Color .....	40
3.3.10 Apariencia .....	41
3.3.11 Intensidad respiratoria.....	41

3.4	Análisis de datos .....	42
4.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	43
4.1	Variables respuesta .....	43
4.1.1	Acidez (% de ácido málico).....	43
4.1.2	pH .....	46
4.1.3	Sólidos solubles totales .....	49
4.1.4	Azúcares totales y reductores.....	52
4.1.5	Vitamina C (Ácido ascórbico).....	55
4.1.6	Firmeza .....	58
4.1.7	Color .....	61
4.1.8	Apariencia .....	66
4.1.9	Intensidad respiratoria .....	74
4.1.10	Pérdidas fisiológicas de peso.....	77
5.	CONCLUSIONES .....	80
6.	LITERATURA CITADA.....	81

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Superficie sembrada (hectáreas) con Pitahaya registrada en el SIAP. 2010.....	16
Cuadro 2. Diferencias entre la pitahaya y la pitaya en México.....	18
Cuadro 3. Evolución de las características físicas y químicas de frutos de pitahaya durante su maduración.....	24
Cuadro 4. Selecciones de pitahaya sometidas a 6°C con 5% de CO <sub>2</sub> .....	34
Cuadro 5. Número de tratamientos y su composición.....	36
Cuadro 6. % de daño causado en las frutas de pitahaya durante el almacenamiento.....	68
Cuadro 7. Porcentaje (%) de daño causado en las frutas de pitahaya “Rosa del Sureste” durante el almacenamiento.....	73
Cuadro 8. Respiración inicial y en medio ambiente de frutos de pitahaya .....	74
Cuadro 9. Respiración posterior al almacenamiento en frutos de pitahaya .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cosecha de pitahaya .....	33
Figura 2. Lavado y preparación de pitahaya para someter a almacenamiento .....	35
Figura 3. Almacenamiento en atmósferas controladas. ....	37
Figura 4. Esquema de flujo de gases y conexiones para crear atmósfera controlada en frutos de pitahaya y medición de respiración. ....	42
Figura 5. Efecto de los factores CO <sub>2</sub> y aire sobre el contenido de ácido málico en pitahayas de la selección “Tanith” .....	43
Figura 6. Efecto de los factores CO <sub>2</sub> y aire sobre el contenido de ácido málico en pitahayas de la selección “Rosa del Sureste”. ....	45
Figura 7. % de ácido málico en tres selecciones de pitahaya ( <i>Hylocereus undatus</i> ) después de 36 días de almacenamiento a 6°C con 2 atmósferas diferentes aire y 5% de CO <sub>2</sub> . ....	46
Figura 8. Efecto de los factores CO <sub>2</sub> y aire sobre el pH en pitahayas de la selección “Tanith” .....	47
Figura 9. Efecto de los factores de CO <sub>2</sub> y aire sobre el pH, en pitahayas de la selección “Rosa del Sureste”. ....	48
Figura 10. Valores de pH, en tres selecciones de pitahaya ( <i>Hylocereus undatus</i> ) después de 36 días de almacenamiento a 6°C con 2 atmósferas diferentes aire y 5% de CO <sub>2</sub> . ....	48
Figura 11. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire sobre los sólidos solubles totales (°brix) en pitahayas de la selección “Tanith” .....	50
Figura 12. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire sobre los sólidos solubles totales (°brix) en pitahayas de la selección “Rosa del sureste” .....	51
Figura 13. Valores de °brix, en tres selecciones de pitahaya ( <i>Hylocereus undatus</i> ) después de 36 días de almacenamiento a 6°C con 2 atmósferas diferentes aire y 5% de CO <sub>2</sub> . ....	52
Figura 14. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire sobre los azúcares totales en pitahayas de la selección “Tanith” .....	53
. 53	
Figura 15. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire sobre los azúcares totales en pitahayas de la selección “Rosa del Sureste”. ....	54
Figura 16. Valores de glucosa, en tres selecciones de pitahaya ( <i>Hylocereus undatus</i> ) después de 36 días de almacenamiento a 6°C con 2 atmósferas diferentes aire y 5% de CO <sub>2</sub> . ....	55
Figura 17. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire sobre la vitamina C (ácido ascórbico) en pitahayas de la selección “Tanith”. ....	56

Figura 18. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire sobre la vitamina C (ácido ascórbico) en pitahayas de la selección “Rosa del Sureste”.....	57
Figura 19. Valores de Vitamina C (ácido ascórbico), en tres selecciones de pitahaya ( <i>Hylocereus undatus</i> ) después de 36 días de almacenamiento a 6°C con 2 atmósferas diferentes aire y 5% de CO <sub>2</sub> . .....	58
Figura 20. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire sobre la firmeza (N) en pitahayas de la selección “Tanith”.....	59
Figura 21 Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire sobre la firmeza (N) de los frutos de pitahaya de la selección “Rosa del Sureste”.....	60
Figura 22. Valores de firmeza, en tres selecciones de pitahaya ( <i>Hylocereus undatus</i> ) después de 36 días de almacenamiento a 6°C con 2 atmósferas diferentes aire y 5% de CO <sub>2</sub> . .....	60
Figura 23. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire la conservación del color en pitahayas de la selección “Tanith” en los diferentes periodos de almacenamiento.....	62
Figura 24. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire la conservación del color en pitahayas de la selección “Tanith” en los diferentes periodos de almacenamiento.....	63
Figura 25. Tendencia del índice de saturación a través del tiempo de almacenamiento en frutos de la selección “Tanith”.....	64
Figura 26. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire la conservación del color en pitahayas de la selección “Rosa del Sureste” en los diferentes periodos de almacenamiento. ....	65
Figura 27. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire la apariencia de las pitahayas “Tanith”.....	66
Figura 28. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire en la apariencia de las pitahayas “Tanith”, en 3 periodos de almacenamiento.....	67
Figura 29. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire en la apariencia de pitahayas “Rosa del Sureste”.....	71
Figura 30. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire en la apariencia de pitahayas “Rosa del Sureste”.....	72
Figura 31. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire en la respiración (mlCO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> hr <sup>-1</sup> ) de la selección “Rosa del Sureste” y “Tanith” durante el almacenamiento.....	74
Figura 32. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire en la respiración (mlCO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> hr <sup>-1</sup> ) de la selección “Andrea” durante el almacenamiento.....	76
Figura 33. Pérdida de peso de la selección “Tanith” y “Rosa del Sureste” durante el almacenamiento en medio ambiente. ....	77
Figura 34. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire en la pérdida de peso de la selección “Tanith” durante el almacenamiento.....	78

Figura 35. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire en la pérdida de peso de la selección “Rosa del Sureste” durante el almacenamiento. ....	79
Figura 36. Efecto del los factores de CO <sub>2</sub> y aire en la pérdida de peso de tres selecciones de pitahaya.....	79

## 1. INTRODUCCIÓN

La pitahaya es considerada una fruta exótica de acuerdo con Le Bellec y Eric (2006), quienes mencionan que esta fruta era totalmente desconocida en los mercados europeos a mediados de los 90'; sin embargo destacan en la última década las importaciones han aumentado en países como: Alemania, Suiza, Holanda y Reino Unido, (BCE, 2006). La pitahaya (*Hylocereus undatus*), se considera nativa de México, América Central y Sudamérica ( Britton y Rose, 1963); actualmente Ecuador y Nicaragua son los principales exportadores de este fruto en América, debido a su importancia económica a nivel mundial, gracias a ciertas características relevantes a nivel comercial; además de estos países de latinoamérica la pitahaya, ha ganado renombre en países de Asia; en donde se ha establecido el cultivo de forma comercial se ha extendido a varias partes del continente tal como Vietnam, Taiwán, las Filipinas y Malasia (Azis *et al.* 2009; Mizrahi, *et al.*, 1997), en donde es conocida con el nombre de fruta del dragón por el color de la piel que cubre la fruta, roja brillante con el traslapado verde. En México es considerado un frutal no tradicional, por lo que la superficie de cultivo es de 328 ha (SIAP, 2010) distribuida principalmente en los estados de Yucatán, Quintana Roo, Puebla, Guerrero y Nayarit. Al no ser un cultivo de notable importancia económica en el país, la investigación nacional se ha enfocado poco a los aspectos de manejo agronómico y de postcosecha, además de que algunas de sus características físicas y fisiológicas lo distinguen por requerir un cuidado delicado principalmente en postcosecha, pues en la producción es conocida por su desarrollo de forma rústica en los traspatios.

En México podemos encontrar variedades de pitahaya de *Hylocereus undatus* y de *Hylocereus polyrhizus*, distribuidas en las distintas regiones de clima semidésertico y cálido del país desde la zona norte en los estados de Sonora y Baja California donde se encuentran de forma silvestre hasta la península de Yucatán donde se le está dando un aprovechamiento comercial; así en estados del oeste como Guerrero, Nayarit, Oaxaca y Puebla esta fruta es conocida en el mercado local.

Las pitahayas tienen una duración promedio de 8 a 12 días a 20°C según el grado de madurez (Osuna, *et al.*, 2011); de modo que el tiempo para comercializarla es muy reducido; así que es necesario el conocimiento de las fechas óptimas de cosecha (Esquivel *et al.*, 2007) y el tratamiento postcosecha adecuado para favorecer su tránsito. En el caso de litchi se utilizó la tecnología de atmósferas controladas donde se han obtenido resultados positivos en frutos almacenados a 5°C con concentraciones de 3% O<sub>2</sub> y 5% de CO<sub>2</sub> durante 14 días, prolongando su vida de anaquel por 6 días más (Valle. *et al.*, 2008). Nerd *et al.* (1999), realizaron investigación en *H. undatus* e *H. polyrhizus* en almacenamiento a 6, 14 y 20°C; con la temperatura más baja, *H. polyrhizus* tuvo mejor adaptación hasta las tres semanas y *H. undatus* presentó daños por frío. Por ello la combinación con la tecnología de atmósferas controladas es una oportunidad de tratamiento físico, para retardar la maduración y senescencia, prolongando la vida postcosecha, ayuda a controlar algunos desórdenes fisiológicos como daños por frío o bien el ataque de hongos (Yahia y Ariza, 2001).

Por lo anterior en la presente investigación se evaluaron las características organolépticas y el manejo de tecnología postcosecha para tres selecciones de pitahaya del género y especie *Hylocereus undatus* surgidas de colectas realizadas por el INIFAP, en el norte y centro del estado de Veracruz y en el estado de Quintana Roo.

Ante la importancia de identificar un tratamiento postcosecha que permita a los frutos de pitahaya ser trasladados por periodos prolongados de tiempo y garantizar una vida de anaquel óptima una vez en el mercado destino, se planteó la presente investigación con los siguientes objetivos:

Analizar las características en postcosecha de tres las selecciones de pitahaya.

Evaluar el efecto del tratamiento de baja temperatura 6°C combinado con la atmósfera controlada de concentraciones de 5% de CO<sub>2</sub>, 18% de Oxígeno y 77 % de Nitrógeno

E Identificar la selección con mejores características de vida de anaquel y de calidad entre las selecciones.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Centro de origen

Las pitahayas se han encontrado nativas de América Central (Briton y Rose, 1963), y se les han acuñado los nombres particulares dependiendo de características morfológicas individuales tales como forma de la fruta, número y perfil de la escala (Anónimo, 1994; Vaillant *et al.*, 2005; Vázquez, 2006).

México constituye una parte importante del centro de origen mesoamericano de una gran diversidad de cactáceas las cuales representan por su gran adaptación a condiciones ecológicas limitantes, una opción para la conservación del suelo y agua (Martínez, 1993).

En México existen plantas silvestres de pitahaya en los estados de Campeche, Chiapas, Colima Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa y Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Sánchez, 1984, Martínez, 1993). A continuación se describen estados identificados como productores de pitahaya, y que destacan en este rubro.

Cuadro 1. Superficie sembrada (hectáreas) con Pitahaya registrada en el SIAP. 2010

ESTADO	ha
Guerrero	9.0
Jalisco	0.5
Nayarit	2.0
Puebla	15.4
Quintana Roo	162.0
Sinaloa	0.5
Yucatán	328.1

Fuente: SIAP.2010

El iniciar la producción comercial de un frutal como éste se deben, definir aspectos de manejo agronómico y postcosecha del mismo, para poder competir con países productores y satisfacer la demanda de los mercados internacionales.

## 2.2 Condiciones del Cultivo

### 2.2.1 Temperatura y Humedad

La pitahaya puede desarrollarse desde 0 hasta 1850 msnm, requiere de temperaturas entre los 18 y 26 ° C. La planta necesita una intensidad de luz moderada a alta para su desarrollo adecuado, se debe establecer a libre exposición con una luminosidad mínima de 1500 horas luz/año, faltando aún por determinar el intervalo óptimo de ésta (Prada y Ruiz, 1990; Ortiz, 2000).

La precipitación apropiada está comprendida entre los 1500 y 2000 mm anuales, son preferibles los climas cálidos subhúmedos, pero también se adapta a climas secos (Rodríguez *et al.*, 1993); se pueden encontrar donde la precipitación pluvial anual no rebasa los 1000mm, lugares con precipitaciones desde 430 mm (Metztitlan, Hidalgo).

### 2.2.2 Altura

La distribución de *Hylocereus undatus* en México está registrada desde los 2 msnm (Puerto Vallarta, Jalisco), hasta los 2750 msnm (Oro Villa Victoria, Estado de México); o bien con 3 500 msnm y temperaturas promedio anuales de 13 °C (San Rafael, Estado de México) y zona costera de Chiapas con 27 msnm y 28.5 ° C (Escuintla y Arriaga, Chiapas) (Calix, 1996; Vázquez, 2006)

### 2.2.3 Suelo

Ortiz *et al.* (2000), menciona que la planta crece en suelos franco arenosos, con alto contenido de materia orgánica; con excelente drenaje favorecen la cualidad de la pitahaya para absorber y retener agua en sus tallos.

Para el manejo y tratamiento de un frutal en postcosecha es necesario conocer sus características biológicas, físicas y fisiológicas, la pitahaya puede ser conocida en algunas zonas de México como pitaya; pero existen diferencias entre ellas Cuadro 2.

Cuadro 2. Diferencias entre la pitahaya y la pitaya en México

Características	Pitahaya	Pitaya
Nombre científico	<i>Hylocereus undatus</i> Haworth	<i>Stenocereus spp.</i>
Hábito	Trepadora	Cactácea columnar (órgano)
Flor	Grande, acampanulada, tubular, hermafrodita, blanca o rosada, mide de 20 a 35 cm de largo y 34 diámetro. Floración nocturna	Flor de tamaño pequeño, los colores son blancas, rosadas o amarillas, la floración es nocturna.
Fruto	Baya	Baya
Forma	Ovoide, redondeado y alargado	Ovoide, semiredondeado (oblonga)
Diámetro	10-12 cm (más grande)	5.3 – 7.1 cm (más pequeña)
Peso	200 g a 1 kg	100 – 290 g
Cáscara	Rojo- purpúrea y Amarilla	Amarilla y Roja
Pulpa	Blanca, roja o amarilla y tiene semillas negras pequeñas	Blanca, roja, amarilla, morada, rojo-violeta.
Otra	Presenta brácteas de color verde amarillento	Presenta grandes espinas
Tallo	Triangular (3 costillas o trialado)	6 costillas, 1 espina central apicular de 1.4 a 1.6 cm
Raíz	Aparecen en las paredes de los tallos y espacios intercostales, que les permite fijarse a los tutores. Al llegar al suelo se convierten en terrestres	Terrestre
Sabor	Menos dulce	Más dulce
Cosecha	Junio-septiembre, ocasionalmente se produce en octubre. Su máxima producción es en julio y agosto.	Abril-junio máxima producción en mayo.

Fuente: Pitahaya de México producción y comercialización en el contexto internacional. 2003.

## 2.3 Descripción taxonómica

De acuerdo con Buenabad (1995), la pitahaya pertenece a:

Reino: Vegetal

Orden: Cactales

Familia: Cactaceae Lindley

Subfamilia: Cereoideae

Tribu: Hylocereae

Subtribu: Hylocereinae

Género: *Hylocereus*

Especie: *undatus*

La especie *H. undatus* se considera la de mayor importancia económica en México, dado que son frutos reconocidos internacionalmente (Ortiz, 1994); por su forma excéntrica y su color intenso y llamativo llegan a ser fácilmente aceptados en el mercado interno y aún más en el externo.

## 2.4 Descripción botánica

La mayoría de las cactáceas presentan el metabolismo ácido de las crasuláceas (MAC), el cual es benéfico para las plantas que crecen en sitios con poca agua, como los desiertos y las copas de los árboles (Nobel, 1988; Lüttge, 1989). La pitahaya forma parte de las plantas MAC (Metabolismo de las plantas ácido crasuláceas) que fijan el carbono por la noche, cuando la temperatura es menor y la humedad relativa del aire es mayor que durante el día y, por tanto, al abrir sus estomas pierden menos agua. Por esto, las plantas MAC tienen una eficiencia de uso del agua dos a cinco veces mayor que las plantas C3 (la mayoría de las especies vegetales) y C4 (plantas con anatomía Kranz como el maíz y la caña de azúcar) (Lambers *et al.*, 1998; Nobel, 2004), bajo condiciones

ambientales similares (Nobel, 1988; Nobel y De la Barrera, 2004); es decir las pitahayas resisten favorablemente las condiciones de sequía, y son afectadas, si se exponen a fenómenos de inundación.

Hasta hace poco menos de 2 décadas la pitahaya era un frutal desconocido en el mercado mexicano, era consumida únicamente por campesinos y agricultores, quienes lo encontraban en los caminos o terrenos sin explotación; (Mizrahi y Nerd, (1999); Nobel y de la Barrera, (2004); Andrade *et al.*, (2006) mencionan que también pueden encontrarse en zonas tropicales húmedas con la ventaja de tolerar épocas secas; este frutal a persistido a través del tiempo aún sin la domesticación o cultivo por el hombre simplemente adhiriéndose a un sostén que generalmente es un árbol.

La pitahaya es una planta perenne, suculenta, epífita o rastrera, que se desarrolla apoyándose en árboles o bardas de piedra, de las cual se sujeta por sus raíces adventicias. Sus tallos son generalmente triangulares, con tres aristas simétricas y grupos de 3 a 5 espinas de 2 a 4 mm de longitud, ubicadas sobre las areolas; la epidermis es una capa cerosa de aproximadamente 1 mm de grosor (Ortiz, 2000).

Las raíces de la pitahaya, son sumamente superficiales, aproximadamente 88% del peso de la raíz y 90% del total de raíces se encuentran en los primeros 10 cm del suelo (Arguello, 1997). A pesar de esta característica el soporte que le brinda la raíz es muy alto puesto que se le puede ver sujeta a superficies planas o bien desarrollar la raíz en todo el contorno del árbol o tutor al que se sujete, de esta manera las plantas de pitahaya cultivadas, pesan de 12 a 14 kg / planta (Flores, 2002).

Las pitahayas cultivadas muestran excesiva variación, en color, forma y consistencia de los tallos; forma de las aristas y disposición de las areolas y espinas; color, forma y tamaño de las estructuras florales y del fruto, color de la

pulpa y períodos de fructificación (Rodríguez, 2000a; Vázquez, 2006); Castillo *et al.* (1996), señalan que en México se han encontrado más de 31 especies de las cuales 3 son registradas en el país *H. undatus*, *H. purpussi* y *H. ocamponis*; distribuidas en los estados de Quintana Roo, Yucatán, Tabasco Veracruz, Chiapas, Guerrero, Querétaro, Estado de México, Distrito Federal, Puebla, Oaxaca, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí, Colima y Sinaloa (Bravo, 1978). Con la investigación de Legaria (2005) mostró que aunque hay variabilidad genética en las colectas que el realizó estas se encontraron genéticamente emparentadas; por lo que la diseminación a través de los estados de la república mexicana puede ocurrir por las aves o por el humano. Sin embargo en su mayoría se mantiene la conservación de su identidad genética, según el estado del que sean originarias.

## 2.5 Descripción del fruto

El fruto de *Hylocereus undatus*, es globoso de 10-12 cm de longitud, con cáscara rojiza o rosada cubierta con grandes escamas foliáceas y pulpa purpura o blanquecina cremosa (Azis *et al.* 2009). Su cubierta tiene escamas foliáceas o brácteas distribuidas helicoidalmente; es de pulpa dulce y abundante, de color blanco o tonalidades rojas, las semillas son numerosas y pequeñas de color café oscuro o negro y se encuentran distribuidas en toda la pulpa (Ortiz, 2000). El fruto presenta una curva de crecimiento sigmoide (Nerd *et al.*, 1999), al inicio se desarrolla lentamente (Centurión *et al.*, 2000), pero su crecimiento continuo se estabiliza entre los 27 y 29 días, donde deja de tener diferencias significativas (Centurion *et al.*, 2008).

Debido a la diversidad genética *Hylocereus undatus* puede presentar características diferentes, pero de acuerdo con Azis *et al.* (2009), cada una puede ser distinguida por el color de la piel carnosa (exocarpio) la cual se define al madurar, el color del centro y la pulpa suave (mesocarpio o endocarpio) que contiene las semillas.

Características de los frutos de *Hylocereus undatus* (Vázquez, 2006):

- ✚ Pitahayas rojas de pulpa roja. Son frutos con cáscara y pulpa de color roja, su peso promedio es de 400 g, fructifica de mayo a noviembre.
- ✚ Pitahayas rojas de pulpa blanca. Los frutos son de cáscara roja y pulpa blanca, contienen entre 10 y 12 °brix. Su peso promedio es de 370 g, fructifica de junio a octubre y en general muestra mucha variación en cuanto a forma, tamaño, color y sabor del fruto.
- ✚ Pitahaya blanca. El color de la cáscara es amarillo y su pulpa es blanca presenta un peso promedio de 300 g sus frutos son alargados y medianos; llega a registrar hasta 18 ° brix.

Un aspecto importante es el índice de cosecha o índice de madurez de los frutos; hasta ahora el color es el principal indicador de este aspecto, se sabe que el color de las pitahayas se desarrolla completamente en la etapa final de crecimiento (24 a 27 días después de la floración), cuando ya presenta 80% de su peso final (Centurión *et al.*, 2000); se conoce que el tono de la cáscara disminuye alrededor de los 25 días (Nerd *et al.*, 1999) y se recomienda cosechar la fruta, cuando la cáscara alcanza de 70 a 80 % de coloración roja (Centurión *et al.* 2001). También en la última etapa el contenido de agua en la cáscara disminuye, mientras que en la pulpa se mantiene constante, aun habiendo incrementado su peso fresco en la pulpa. De acuerdo con Nerd *et al.* (1999) el contenido de sólidos solubles también puede indicar el grado de madurez; sin embargo, el cambio de color del fruto es más perceptible y con frecuencia es el mejor criterio de índice de cosecha (Wills *et al.*, 1998).

## 2.6 Propiedades y aprovechamiento de la pitahaya.

A las pitahayas rojas se les atribuyen propiedades benéficas para el cuidado de la salud, por ejemplo actúan como preventivos del cáncer, anti-inflamatorios y anti-diabéticos, reduciendo el riesgo de la muerte por problemas

cardiovasculares (Cos *et al.*, 2004). Se ha encontrado también que son fuente de antioxidantes resultado de su contenido de betacianina (Wybraniec y Mizrahi, 2004).

El aceite de los núcleos de la semilla de la pitahaya blanca, ofrecen una serie de beneficios en aspectos de medicina por lo que su cultivo permite la oportunidad de agregar valor, más allá del uso como alimento fresco, se han realizado varios estudios sobre métodos de extracción del mismo (Hanming, *et al.*, 2009).

## 2.7 Cambios físicos y químicos postcosecha.

El estado de madurez influye en el tiempo de desarrollo de color y vida de anaquel de las pitahayas. La investigación realizada por Centurión *et al.* (2000), mostró que los frutos cosechados con 26 días después de floración (DDF), alcanzaron un desarrollo completo del color cuatro días después del corte, y los frutos con 30 DDF, lo alcanzaron al día siguiente; sin embargo su vida de anaquel fue de 12 y 10 días, respectivamente, a 20° C, es decir el cambio de color de las pitahayas puede darse después de cortada; pero hay que tomar en cuenta que el periodo de entre 26 y 30 días la pitahaya tiene características organolépticas mínimas aceptables para el consumidor. Centurión *et al.* (2008), Como se aprecia en el Cuadro 3. Los mismos autores señalaron que aunque los días de cosecha pueden variar de acuerdo a la zona de producción, las preferencias de consumo en las frutas se orientan en características como mayor cantidad de sólidos solubles, azúcares reductores y relación Brix/ácidez, donde las preferencias fueron para los frutos cortados entre 29 y 31 días; la última fecha se considera el límite antes de que el fruto comience a agrietarse o descomponerse aún en la planta.

Cuadro 3. Evolución de las características físicas y químicas de frutos de pitahaya durante su maduración.

Variables	Días después de floración				
	20	25	27	29	31
Firmeza (N)	13.4 <sub>a</sub>	9.9 <sub>b</sub>	7.4 <sub>c</sub>	7.2 <sub>c</sub>	6.3 <sub>c</sub>
Sólidos solubles totales (°brix)	4.6 <sub>d</sub>	9.5 <sub>c</sub>	12.8 <sub>a</sub>	11.8 <sub>b</sub>	12.6 <sub>a</sub>
Acidez (% de ácido málico)	1.4 <sub>a</sub>	1.2 <sub>b</sub>	1.1 <sub>c</sub>	0.6 <sub>d</sub>	0.4 <sub>e</sub>
Vitamina C (mg/100g pulpa)	14.7 <sub>a</sub>	12.2 <sub>b</sub>	12.1 <sub>b</sub>	10.9 <sub>c</sub>	9.6 <sub>c</sub>
Relación °Brix/acidez	3.4 <sub>e</sub>	7.6 <sub>d</sub>	11.7 <sub>c</sub>	20.6 <sub>b</sub>	33.5 <sub>a</sub>
Azúcares reductores (%)	2.4 <sub>d</sub>	4.5 <sub>c</sub>	5.9 <sub>b</sub>	5.8 <sub>b</sub>	6.6 <sub>a</sub>

Fuente: Centurión *et al.* (2008)

Letras iguales en la misma hilera indican que no hay diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ).

Los resultados del cuadro 3, confirman que los cambios postcosecha bioquímicos y fisiológicos de los frutos de pitahaya, dependen del estado de madurez en que fueron cortados, pero también de la temperatura y tiempo de almacenamiento (Vázquez, 2006). Las variables organolépticas, que reflejan parte de la calidad de las frutas son la acidez titulable y el contenido de sólidos solubles totales, azúcares totales, vitamina C y actividad de la pectinmetilesterasa, son mayores entre los 29 y 31 DDF. En los frutos cosechados a 30 DDF los intervalos de sólidos solubles se mantienen casi constantes durante su almacenamiento a temperatura ambiente, a diferencia de los cosechados a 24 y 26 DDF, los cuales disminuyen (Centurión-Yah *et al.*, 1999). Los cambios ocurridos en azúcares y ácidos grasos ocurren por la degradación de los carbohidratos como el almidón lo cual ha sido asociado con la maduración, alterando el gusto y la textura de los productos. En los frutos no climatéricos la acumulación de azúcares esta vinculado a el desarrollo de la calidad óptima comestible. Se considera que los sólidos solubles totales (°brix) comprenden la mayoría de los azúcares (70-85%), con una pequeña cantidad de lípidos, nitrógeno y compuestos que contienen fósforo (Baldwin, 1993; Vázquez, 2006).

Una de las características más importantes del comportamiento de los frutos en postcosecha es el proceso de respiración y producción de etileno; que

nos ayuda a diferenciar un fruto climatérico, de otro no climatérico; es precisamente, la concentración del etileno producida por los frutos, lo que puede reducir la vida del producto en almacenamiento (Bower *et al.*, 2003; Kader, 1985). Una diferencia fundamental en el caso de frutos no climatéricos, es que estos son cosechados hasta que reúnan las características óptimas para su consumo, además de que el desarrollo del color esta estrechamente relacionado con el proceso de senescencia.

Está reportado que en la pitahaya la producción de etileno y CO<sub>2</sub>, por lo que se ha clasificado como no climatérico (Corrales, 2000). El intervalo de producción encontrado fue de 0.025 a 0.091  $\mu\text{l}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  y de 0.52 a 0.78  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  de etileno y CO<sub>2</sub> (Nerd, 1999).

Una vez cosechados los frutos, la pérdida de firmeza o ablandamiento del fruto está relacionada con la maduración (Vázquez, 2006); este es un proceso programado y trae cambios en la estructura celular, dada por la degradación de polímeros por una gran cantidad de enzimas hidrolíticas (Barret y González, 1994; Wakabayashi, 2000; Owino *et al.*, 2005).

La pérdida de peso, es de suma importancia en la calidad de los frutos y sobre todo en su calidad de comercialización, esto se debe principalmente a la transpiración; se considera que de 5 a 10% de pérdida de peso constituye un fruto de mala calidad comercial (Tucker, 1993).

Ante la perecibilidad de la mayoría de los frutales tropicales es necesario buscar métodos de conservación. Tan solo en el mundo entre 25 y 50% de la producción de productos hortofrutícolas se pierden después de la cosecha; estas pérdidas suelen ser mayores en áreas tropicales y subtropicales (Yahia y Ariza, 2001).

## 2.8 Conservación y tratamientos postcosecha en pitahaya

Existen muchos métodos de conservación, una tecnología básica es el uso de bajas temperaturas es una tecnología básica utilizada para frenar el deterioro sin conducir a alteraciones en la maduración u otros cambios perjudiciales, manteniendo los productos en condiciones aceptables durante un periodo tan largo como sea posible (Wills *et al.*, 1998). Aunque la reducción de la temperatura o refrigeración se considera una opción para disminuir la velocidad de los procesos metabólicos postcosecha (Brecha *et al.*, 2003). Como parte complementaria en el almacenamiento con refrigeración se deben considerar, las condiciones de humedad relativa, el déficit de presión de vapor y la composición atmosférica. El déficit de presión de vapor (dpv), es un factor importante para el almacenamiento y refrigerado de productos y se refiere a la diferencia entre la presión de vapor del producto y la del aire circundante (Vázquez, 2006); la humedad relativa puede llegar a incidir en la acidez de los frutos; Alvarado *et al.* (2004) mencionan que en el caso de al que la acidez titulable en frutos de Uchuva, la acidez fue mayor en aquellos almacenados a 68% de HR en comparación con los almacenados al 88% de humedad relativa. En el caso de la composición atmosférica dependerá si se aplica un tratamiento adicional modificando la atmósfera natural del ambiente de almacenamiento, esto influye generalmente en la reducción de hongos.

Las frutas típicamente son almacenadas como mínimo entre 4 y 8 °C (Wiley, 1994, Chien, *et al.*, 2007); la utilización de estos rangos de temperatura ocurre principalmente en el proceso de comercialización y transporte. En el caso de la pitahaya, cabe señalar que las diferentes variedades de pitahaya pueden comportarse de manera distinta. Nerd *et al.* (1999), sometieron frutos de *Hylocereus undatus* e *Hylocereus polyrhizus* a 6 y 10 ° C, producidos en condiciones de invernadero en Israel, encontraron que en general, ambas especies se adaptan al almacenamiento solo que los frutos de *H. undatus* mostraron graves lesiones al ser transferidos a 20°C después de 2 semanas de

almacenamiento a 6°C; mientras que *H. polyrhizus* conservó mayores niveles de acidez y presentó ablandamiento y pérdida de agua.

En el caso de la pitahaya se han probado varias temperaturas, así como distintos tiempos de almacenamiento con la finalidad de proponer el tratamiento más adecuado para frutas de diferentes especies, o bien provenientes de diferentes lugares del mundo, y por lo tanto con un manejo agronómico adecuado a cada condición del lugar. Así tenemos que se ha encontrado que los frutos del género *Hylocereus* resisten hasta 7 días a temperatura ambiente y con 10 a 12 °C pueden ser almacenados hasta por 14 días (Esquivel, 2004); pero si la temperatura desciende puede ocasionar daños por frío, tales como oscurecimiento de la cascara, (Nerd y Mizrahi, 1999).

Balois *et al.* (2008), evaluaron los cambios físicos y químicos en tratamientos de temperatura de 11, 7 y 3 °C, y el traspaso a temperatura ambiente, encontrando que los frutos se tornaron opacos de la cáscara, después de este periodo de almacenamiento, debido a que la actividad la catalasa se mantuvo inhibida, es decir esta enzima debería ayudar a evitar procesos de oxidación, solo la enzima superóxido dismutasa es la que reacciona, ante el efecto de las bajas temperaturas incrementando su actividad, para evitar el estrés oxidativo y por tanto senescencia se mantuvo incluso después de pasarlas a temperatura ambiente; los frutos de pitahaya almacenados a temperaturas menores de 11° C, observan degradación celular parcial aunque no es permanente si el periodo de almacenamiento es corto.

Con la utilización de la refrigeración como método de conservación en frutales de clima tropical y subtropical, se puede ocasionar daños por frío, los frutales de estos climas son muy sensibles (Couey, 1982; Morris, 1982; Wuan, 1994a; Vázquez 2006).

### 2.8.1 Daños por frío

La complicación mas conocida provocada por la utilización de bajas temperaturas, es el daño por frío, el cual involucra disfunciones metabólicas que afectan la calidad de los frutos después de someterse a temperaturas de 0 a 15 °C (Lyons, 1973); aunque también hay otros factores que influyen en la respuesta al daño por frío como son: la composición de ácidos grasos de los lípidos de la membrana celular, niveles de azúcares, prolina, etapa de maduración y temperaturas de campo (Wang, 1982).

Chien *et al.*, (2007) y Nerd, *et. al.*, (1999), observaron que en los frutos de pitahaya roja se presentaron lesiones y daños por frío, con marchitamiento, escamas oscurecidas y con pulpa bronceada. Otra característica es que el color de la pulpa blanco brillante, desarrolla un aspecto superficial marrón que reduce su aceptabilidad entre los consumidores y que ocurre durante el almacenaje (Chien *et al.*, 2007).

Ante la susceptibilidad de la mayoría de los frutos tropicales a desordenes fisiológicos de daño por frío y la necesidad de incrementar su vida de anaquel y preservar sus condiciones de calidad, existen varios tratamientos alternativos que complementan a la refrigeración.

### 2.9 Tratamientos adicionales a la refrigeración en frutos de pitahaya

En la búsqueda para prolongar la vida postcosecha de la pitahaya Chien *et al.*, (2007) realizaron un estudio considerando un mínimo procesamiento para favorecer el proceso de comercialización. Frutos de pitahaya de pulpa roja fueron partidos en rebanadas y aplicó una capa de quitosán de bajo peso molecular (Low Molecular Weight Chitosan. LMWC) para ampliar la vida útil y mantener la calidad de la pulpa rebanada, manteniendo los frutos almacenados a 8°C.

Vázquez (2006) probó la utilización de compuestos como Metiljasmonato (MJ), 1-metilciclopropeno (MCP) y compuestos de origen natural y químico; también películas plásticas (PP), utilizadas para preservar la calidad postcosecha principalmente para disminuir la presencia de hongos y bacterias así como desordenes fisiológicos como daño por frío; de modo que la aplicación de uno u otro puede favorecer o incidir sobre otros aspectos de calidad; los frutos tratados con MCP conservaron su firmeza pero no su calidad en almacenamiento por tres semanas, pero en periodos cortos se reduce el daño por frío al igual con las PP, pero esen estas condiciones la humedad de los frutos produce daño por hongos el cual es menor con el MJ. En todos los tratamientos la tasa respiratoria se acelera.

En pitahayas (*Hylocereus undatus*), se han evaluado aspectos de calidad postcosecha después de aplicar tratamientos térmicos de desinfección solicitados por algunos países importadores. Se han evaluado características como el aspecto exterior o turgor de las brácteas y el vástago, aspecto del cuerpo de la fruta en pulpa la concentración de sólidos solubles, acidez de la fruta, encontrándose que estas características continuaron siendo aceptables después de someter a los frutos a estos tratamientos. Sin embargo las frutas que fueron tratadas con aire caliente y almacenadas a una temperatura de 5° C, presentaron daños en los parámetros medidos en del exterior, aunque mantuvieron su calidad en el interior (Hoa *et al.*, 2006).

Se tiene conocimiento de investigaciones realizadas con la finalidad de preservar la vida poscosecha de pitahayas y disminuir daños por frío, bajo atmósferas controladas 5% de O<sub>2</sub>, 5% de CO<sub>2</sub> y 10% de O<sub>2</sub> y 5 % de CO<sub>2</sub>, con una temperatura de almacenamiento 4 ± 1 °C durante dos y tres semanas (Vazquez, 2003).

## 2.10 Las atmósferas controladas

Con la finalidad de fomentar el desarrollo del cultivo comercial de pitahaya tanto en países de América Latina, como en países productores del medio Oriente principalmente Vietnam e Israel, se han realizado investigaciones para el manejo productivo y postcosecha de este frutal.

Las atmósferas controladas (AC) corresponden a cualquier alteración controlada (que pueda mantener esos niveles deseados) de las concentraciones normales del ambiente 20-21% de O<sub>2</sub>, 78-79% de N y 0.03% de CO<sub>2</sub>; una AC es aquella atmósfera estrictamente controladas durante el periodo de almacenamiento o transporte, también se utiliza el término atmósfera modificada, pero este tiene más relación con un cambio en las concentraciones normales del ambiente, y no se pueden mantener las concentraciones exactas a las que se encuentra, únicamente se apreciaría el resultado o efecto provocado en un frutal, un ejemplo de ello son las películas plásticas. Tanto las AM/AC normalmente se fundamentan por ejemplo en la aplicación de una atmósfera baja de O<sub>2</sub> ó altas de CO<sub>2</sub>.

La utilización de tecnologías postcosecha sin uso de productos químicos o productos nocivos para la salud humana, se han convertido en una de las principales herramientas de apoyo la preservación de frutas y alimentos. Las AC representan una opción de tratamiento físico postcosecha que no deja residuos; esta tecnología lleva vigente más de tres décadas y ha sido utilizada en frutas de clima templado y tropical. El aporte más significativo esta relacionado con el almacenamiento de manzanas, con experimentos que iniciaron desde los 40's (Yahia, 1995).

La tecnología de atmósferas controladas se ha mantenido vigente y se ha ido mejorando para obtener mayores beneficios en la conservación de frutas; así mismo describe las variables de atmósferas controladas, las cuales pueden ser bajas en O<sub>2</sub>, o altas en CO<sub>2</sub>, las AC son frecuentemente utilizadas en el transporte

terrestre y marítimo de muchas frutas tropicales como los plátanos, aguacate, mango, papaya, piña y lechuga (Yahia, 1995).

Las AC también proporcionan beneficios en la reducción o eliminación de daños por hongos y bacterias debido a las altas concentraciones de CO<sub>2</sub>. La utilización de AC en frutales exóticos como es el caso del rambután, ha generado resultados positivos Boonyariththongchai y Kanlayanarat (2003), obtuvieron que los frutos almacenados a 13°C y 20 % de CO<sub>2</sub>, en una atmósfera controlada prolongaron su vida de anaquel por 4 días más que los almacenados únicamente con la temperatura de 13°C.

Cavalheiro *et al.* (2010), mencionan que frutos de cereza pueden ser almacenados a 0.5°C con 3 atmósferas controladas a diferentes concentraciones (AC1= 2.5% de O<sub>2</sub> + 10% de CO<sub>2</sub>; AC2= 2.5% de O<sub>2</sub> + 15% de CO<sub>2</sub>; AC3= 2.5% de O<sub>2</sub> + 20% de CO<sub>2</sub>) hasta por dos semanas, conservando mejor calidad que las almacenadas únicamente con temperatura.

La AC permite preservar ciertas frutas y verduras (manzanas, peras y kiwis en particular) dos a tres veces más tiempo que la conservación en frío normal, y permite así una mayor flexibilidad en su comercialización, así como una calidad mejor.

### 2.11 Comercialización de Pitahaya

*Hylocereus polyrhizus* [(F.A.C. Weber) & de Britton y Rose], pitahaya caracterizada por tener un color púrpura a rojo oscuro, que brilla intensamente, es una especie que se está produciendo comercialmente, y para la cual se han efectuado investigaciones más frecuentes (Mizrahi y Nerd, 1999; Esquivel, 2007).

Pitahayas rojas han atraído recientemente la atención del mundo, debido a su color rojo-púrpura y su valor económico, como alimento fresco y para la industria (Wybraniec y Mizrahi, 2004; Chien, 2006).

Centurión *et al.* (2000), señala como temperatura de conservación natural 20° C que constituye un ambiente fresco en comparación con las zonas de producción de pitahaya donde las temperaturas promedio son de 26 °C aproximadamente, por lo que la comercialización local debe ocurrir en los primeros 6 a 8 días después del corte de acuerdo al grado de madurez en que fue cortada.

Las distintas especies y dentro de ellas las diferentes selecciones y lugares de procedencia de la pitahaya le otorgan características distintas a los frutos; por lo que el manejo de las temperaturas debe ir en función del ambiente y características de los frutos.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Materiales.

Los frutos fueron cosechados en el Campo Experimental Cotaxtla (CECOT) del INIFAP, que se encuentra en la región centro del estado de Veracruz, km 34 de la carretera Veracruz – Córdoba, en el municipio de Medellín, Veracruz, en las coordenadas latitud norte 18°56'6.30"N, longitud oeste 96°11'52.70"W, a una altitud de 15 msnm, la cosecha se realizó de 10:00 AM a 12:00 PM, a una temperatura promedio de 30 °C y una humedad relativa de 60-80%, como se muestra en la Figura 1, para después ser trasladadas al laboratorio de postcosecha de fruticultura del Colegio de Posgraduados ubicado en Montecillo, Texcoco, Estado de México.



Figura 1. Cosecha de pitahaya

Las selecciones que se utilizarón fueron “Tanith”, “Rosa del Sureste” y “Andrea”, Cuadro 4., cosechadas con un 80 % de coloración entre 26 y 28 días después de amarre de fruto.

Cuadro 4. Selecciones de pitahaya sometidas a 6°C con 5% de CO<sub>2</sub>.

Nombre	Características
"Tanith" ( <i>Hylocereus undatus</i> )	
"Rosa del Sureste" ( <i>Hylocereus undatus</i> )	
"Andrea" ( <i>Hylocereus undatus</i> )	

### 3.2 Establecimiento del experimento

En el laboratorio la temperatura que se alcanzó fue de 21°C. Primero se removió una parte del tallo que quedó al cortar la fruta de la planta, para que éste no afectara al proporcionarle el tratamiento con CO<sub>2</sub>, posteriormente las pitahayas fueron lavadas y desinfectadas con cloro al 1% para quitar las impurezas de campo, encontrándose principalmente invasión por hormigas que fueron removidas completamente.

Inicialmente se midió volumen, peso inicial y diámetro polar y ecuatorial, los frutos de "Tanith", tenían un promedio de 9.48 cm de diámetro polar (DP), 11.03 cm de diámetro ecuatorial (DE) y un peso promedio de 582.60 g; "Rosa del

Sureste” tuvo un promedio DP de 9.66 cm, DE 10.09 cm y un peso promedio de 574.90 g, los frutos de la selección “Andrea” tuvieron un peso promedio de 438.90 g, DP de 8.68 cm, DE 10.14 cm; se realizó un mestreo inicial de 3 frutas de cada selección y se colocaron 6 frutos de “Tanith” y “Rosa del Sureste”, a medio ambiente (testigo).



Figura 2. Lavado y preparación de pitahaya para someter a almacenamiento

Los tratamientos se distribuyeron con un diseño experimental completamente al azar en arreglo factorial 3 x 2 x 8 (excepto la variable respiración y apariencia), donde los factores de estudio fueron selecciones (“Tanith”, “Rosa del Sureste” y “Andrea”) y atmosferas a de exposición (5% de CO<sub>2</sub> 18% de Oxígeno y 77 % de Nitrógeno y aire), tiempo de almacenamiento a 6°C [21a=con transferencia a medio ambiente por 6 días (C/T), 21b=sin transferencia a medio ambiente (ST), 24a, 24b, 29a, 29b, 36a y 36b), se obtendrían 36 tratamientos, pero a falta de frutas no se establecieron todos los tiempos de almacenamiento, únicamente 24 tratamientos (Cuadro. 5) con 3 repeticiones cada uno, siendo la unidad experimental 1 fruto.

Cuadro 5. Número de tratamientos y su composición.

T <sub>1</sub>	“Tanith” 5% CO <sub>2</sub> 21 días de almacenamiento
T <sub>2</sub>	“Tanith” 5% CO <sub>2</sub> 21 días de almacenamiento y 6 días después de refrigeración
T <sub>3</sub>	“Tanith” Aire 21 días de almacenamiento
T <sub>4</sub>	“Tanith” Aire 21 días de almacenamiento y 6 días después de refrigeración
T <sub>5</sub>	“Rosa del Sureste” 5% CO <sub>2</sub> 21 días de almacenamiento
T <sub>6</sub>	“Rosa del Sureste” 5% CO <sub>2</sub> 21 días de almacenamiento y 6 días después de refrigeración
T <sub>7</sub>	“Tanith” 5% CO <sub>2</sub> 24 días de almacenamiento
T <sub>8</sub>	“Tanith” 5% CO <sub>2</sub> 24 días de almacenamiento y 6 días después de refrigeración
T <sub>9</sub>	“Tanith” Aire 24 días de almacenamiento
T <sub>10</sub>	“Tanith” Aire 24 días de almacenamiento y 6 días después de refrigeración
T <sub>11</sub>	“Rosa del Sureste” 5% CO <sub>2</sub> 24 días de almacenamiento
T <sub>12</sub>	“Rosa del Sureste” 5% CO <sub>2</sub> 24 días de almacenamiento y 6 días después de refrigeración
T <sub>13</sub>	“Rosa del Sureste” Aire 24 días de almacenamiento
T <sub>14</sub>	“Rosa del Sureste” Aire 24 días de almacenamiento y 6 días después de refrigeración
T <sub>15</sub>	“Tanith” 5% CO <sub>2</sub> 29 días de almacenamiento
T <sub>16</sub>	“Tanith” 5% CO <sub>2</sub> 29 días de almacenamiento y 6 días después de refrigeración
T <sub>17</sub>	“Tanith” Aire 29 días de almacenamiento
T <sub>18</sub>	“Tanith” Aire 29 días de almacenamiento y 6 días después de refrigeración
T <sub>19</sub>	“Tanith” 5% CO <sub>2</sub> 36 días de almacenamiento
T <sub>20</sub>	“Tanith” 5% CO <sub>2</sub> 36 días de almacenamiento y 6 días después de refrigeración
T <sub>21</sub>	“Tanith” Aire 36 días de almacenamiento
T <sub>22</sub>	“Tanith” Aire 36 días de almacenamiento y 6 días después de refrigeración
T <sub>23</sub>	“Rosa del Sureste” 5% CO <sub>2</sub> 36 días de almacenamiento
T <sub>24</sub>	“Rosa del Sureste” 5% CO <sub>2</sub> 36 días de almacenamiento y 6 días después de refrigeración
T <sub>25</sub>	“Rosa del Sureste” Aire 36 días de almacenamiento
T <sub>26</sub>	“Rosa del Sureste” Aire 36 días de almacenamiento y 6 días después de refrigeración
T <sub>27</sub>	“Andrea” 5% CO <sub>2</sub> 36 días de almacenamiento
T <sub>28</sub>	“Andrea” Aire 36 días de almacenamiento

La mezcla de gases se generó y calibró previamente con un tablero mezclador de gases que llegaba 100% de concentración de CO<sub>2</sub> al y se redujo a una concentración del 5% de CO<sub>2</sub>, con el aire proveniente de un compresor. La fruta fue colocada en recipientes herméticos con dos orificios de entrada y otro de salida del gas, en el caso del CO<sub>2</sub>, las salidas se colocaron hacia afuera de la cámara de refrigeración.



Figura 3. Almacenamiento en atmósferas controladas.

Durante el periodo de almacenamiento se realizaron muestreos de variables para: pérdida de peso y color. Fueron efectuados cada dos días a los 6 testigos de "Tanith" y 6 de "Rosa del Sureste" (a medio ambiente). A los tratamientos T19, T21, T 23 y 25, también se les midieron las variables peso y color cada 2 días durante todo el periodo de almacenamiento; para este caso se retiraban las cubetas que contenían la fruta, del refrigerador y se colocaban en la báscula,

después se medía el color y se tomaban fotografías, posteriormente, se regresaban las frutas al recipiente a la cámara de almacenamiento.

Al término de cada uno de los tratamientos se evaluarón todas las variables respuesta que fueron las siguientes:

### 3.3 Variables respuesta

#### 3.3.1 Acidez

Se determinó mediante el método volumétrico propuesto por la A.O.A.C. (1984), empleando 10 g de pulpa licuada en 50 mL de agua destilada. Se tomó una alícuota de 10 mL de la mezcla y se tituló con NaOH a 0.01 N con indicador fenolftaleína.

Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido málico, al ser este el más característico de las plantas con metabolismo ácido de las crasuláceas, por ejemplo la piña y la pitahaya, fue calculado con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de acidez} = \frac{V * N * \text{Meq.} * 100}{P}$$

Donde:

V= Volumen de NaOH gastado en titulación

N= Normalidad de NaOH

Meq = Miliequivalente de ácido málico (0.067)

P= Peso de la muestra en (g)

#### 3.3.2 pH

El pH, se midió potenciométricamente con un Corning Modelo 12 utilizando la misma muestra empleada para medir acidez antes de realizar la “titulación”.

#### 3.3.3 Sólidos solubles totales.

Para esta variable se utilizó el método de la AOAC (1990), para lo cual se tomó una porción de pulpa y se colocó una gota en un refractómetro digital Atago modelo Pr-100 con escala 0 a 32%., para tomar la lectura.

### 3.3.4 Azúcares totales y reductores.

Se utilizó el método de Antrona descrita por Whitman (1971) y consistió en:

- Se tomó 1g de muestra de pulpa de pitahaya depositándolo en un matraz de 250 ml, se le agregaron 60 ml de alcohol al 80%, y se le agregaron perlas de vidrio para que el proceso de hervor sea suave y sin sobresaltos, el matraz se colocó en la parrilla a 360°C el proceso de donde se esperó a que se evaporara y se desintegrara la muestra hasta que aproximadamente quedará un volumen de 20 ml, después se filtró y en las muestras que fuera necesario se aforaba a 20ml con alcohol al 80 %, colocándolo en viales.
- De los viales se tomó una alícuota de 1ml y se depositó en un frasco y se colocó a baño maría por 10 min., y se recuperó agregándolo 90 ml de agua destilada. (Nota: en algunas muestras se agregó 100 hasta 120 ml de agua destilada)
- Se tomó una alícuota de 1ml y se agregó 2 ml de agua destilada, en tubos de ensayo, posteriormente fueron agregados 6ml de antrona en un baño de hielo, para después colocarlos a baño maría por 3 minutos y dejándolos enfriar.
- Se leyeron las muestras a 600 nm.

Posteriormente a la cuantificación se elaboró con base en una curva patrón de glucosa.

### 3.3.5 Ácido ascórbico.

Se utilizaron 3 g de pulpa de pitahaya mezclada en 30 ml de ácido oxálico, se tomó una alícuota de 5ml la cual fue titulada por oxidación con 2-6 diclorofenol-indofenol, obteniendo así los ml gastados.

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$Y = 0.56x + 0.3 \quad R^2 = 1$$

Donde: Y= vitamina C (mg/100g)

### 3.3.6 Firmeza

Se determinó con un texturómetro modelo Force Five FDV-30 con sensibilidad 0-13.6 kg de fuerza y un puntal de 11 mm de diámetro. Para la evaluación se aplicó sobre la cascara de la pitahaya que se caracteriza por ser gruesa, la firmeza se reportó en Newtons (N).

### 3.3.7 Tamaño

Se realizaron mediciones del diámetro ecuatorial y polar (cm), con un vernier.

### 3.3.8 Pérdidas fisiológicas de peso

Las pérdidas fisiológicas de peso fueron calculadas de la diferencia de peso inicial y el registrado en los días de muestreo y se reportaron en porcentaje.

$$\% pP = (P_i - P_f) \times 100 / P_i$$

Donde:

% pP = Porcentaje de pérdida de peso

P<sub>i</sub> = Peso inicial

P<sub>f</sub> = Peso final

### 3.3.9 Color

Se determinó con un colorímetro (D-25a Hunter Lab, USA), las lecturas se realizaron en ambos lados de la región ecuatorial, de acuerdo con McGuire (1992), y se obtuvieron lecturas de claridad o brillo, expresadas como "L"; y para obtener un solo valor de color, las lecturas de "a" que se refiere al color verde (-)

hasta rojo (+) y b que se refiere al color azul (-) hasta amarillo (+) se convierten el ángulo de matiz (oHue) y el índice de saturación o *Chroma* (IS).

- Angulo de tono Hue= arc tang (b/a)
- Pureza de color (Chroma) =  $\sqrt{a^2 + b^2}$
- Cambio de color  $[(L_2 - L_1) + (a_2 - a_1) + (b_2 - b_1)]$

### 3.3.10 Apariencia

Fue determinada en la fruta de forma visual, tanto externa (cáscara) como interna (pulpa). Se evaluaron los daños (aparencia), por la observación de los frutos y su relación con los tratamientos aplicados.

### 3.3.11 Intensidad respiratoria

Para el proceso de medición de CO<sub>2</sub> y temperatura se utilizó un medidor modelo Telaire 7000 de CO<sub>2</sub> y temperatura portátil, el cual era colocado en el interior de la cámara de refrigeración y al cual se le conectó salida de gas de las cubetas contenedoras de frutos con el tratamiento de CO<sub>2</sub>, y las del tratamiento con aire. El medidor fue probado durante un mes para asegurar sus lecturas y fue comparado con las mediciones de CO<sub>2</sub> leídas con cromatografía de gases.

A todos los tratamientos en almacenamiento diariamente se les midió la respiración de forma alternada un día a los de CO<sub>2</sub> y un día a los de aire. Ambos recipientes se encontraban dentro de refrigeración; excepto el tablero generador de mezcla de gases y el tablero de flujo (figura 3).

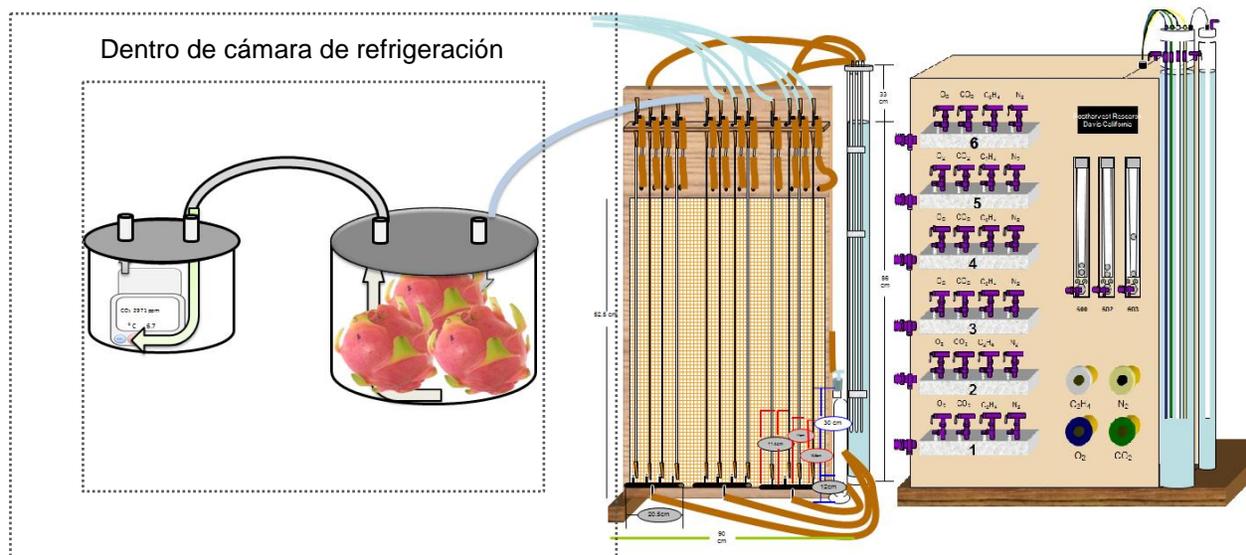


Figura 4. Esquema de flujo de gases y conexiones para crear atmósfera controlada en frutos de pitahaya y medición de respiración.

### 3.4 Análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico SAS V. 9.2 (Statistical Analysis System). Se realizaron 4 análisis de varianza, el primero consideró un diseño experimental factorial 3x2, que se refiere a 3 selecciones, 2 atmósferas, por 36 días de almacenamiento, (excepto apariencia, respiración y color); un segundo con arreglo factorial 2x8 que se refiere a 2 atmósferas en 4 tiempos de almacenamiento "a" y "b" (excepto que respiración, y apariencia) un tercero 2x4 obtenido de 2 atmósferas en 2 tiempos de almacenamiento "a" y "b, (excepto que respiración y apariencia), un cuarto análisis completamente al azar para la variable respiración. Estos análisis fueron necesarios debido a la falta de algunos tratamientos, sin embargo nunca se perdió de vista el identificar el efecto principal de las selecciones, las atmósferas y el tiempo en almacenamiento. Para la comparación de medias entre factores se realizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Variables respuesta

#### 4.1.1 Acidez (% de ácido málico).

El efecto de las atmósferas en el contenido de acidez y, en el sabor de un fruto, puede ser catalogado como la interacción entre lo ácido y lo dulce, al aplicar un tratamiento físico (como atmósferas controladas), donde se espera incidir principalmente en la conservación de los frutos; sin embargo si ocurren cambios organolépticos que beneficien el sabor de las frutas se considera al tratamiento doblemente benéfico.

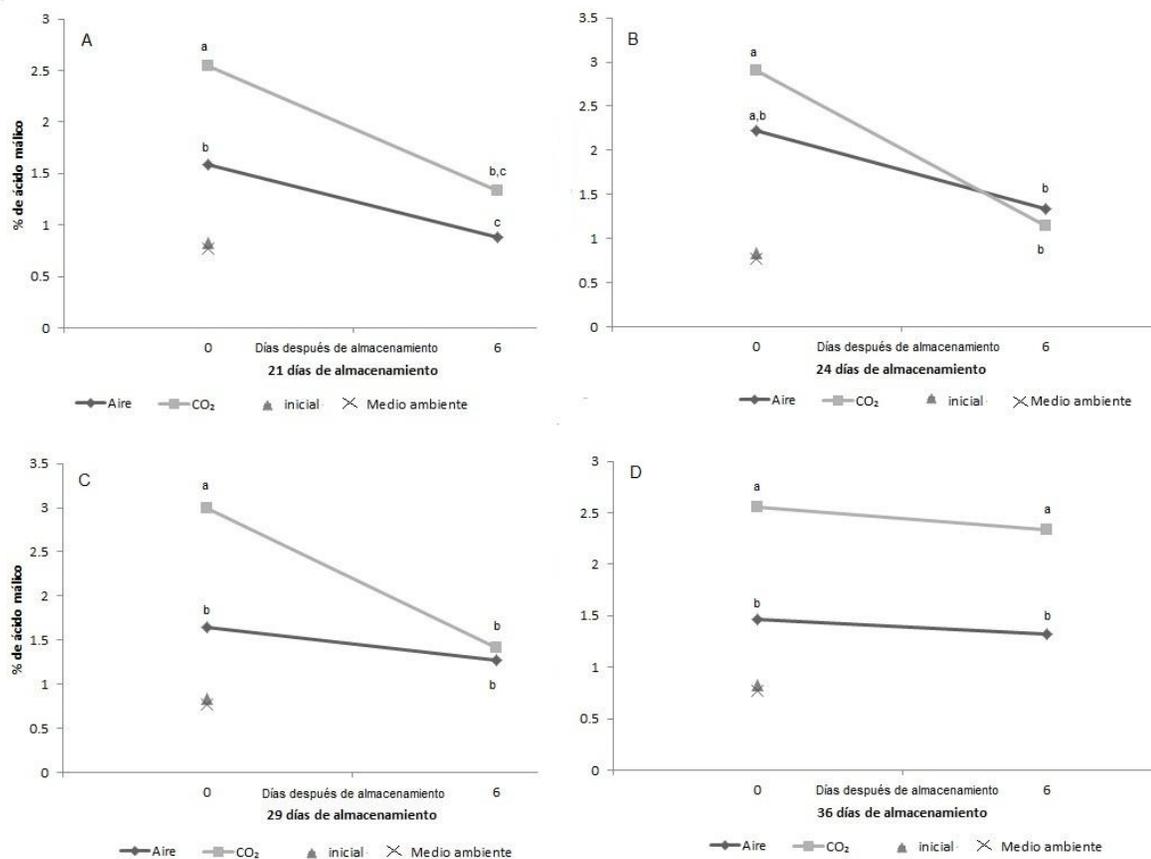


Figura 5. Efecto de los factores CO<sub>2</sub> y aire sobre el contenido de ácido málico en pitahayas de la selección "Tanith".

A= 21 días de almacenamiento y 6 días después almacenamiento, B= 24 días de almacenamiento y 6 días después de almacenamiento, C= 29 días de almacenamiento y 6 días después de almacenamiento, D= 36 días de almacenamiento y 6 días después de ser transferidos a temperatura ambiente. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Las referencias Inicial= acidez al

momento de ser cosechado. Medio ambiente= acidez después de permanecer de 8 a 10 días a temperatura ambiente.

Los resultados de la Figura 5, muestran que las frutas de la selección “Tanith”, expuestas al almacenamiento en refrigeración incrementaron su acidez con respecto al muestreo inicial y frutos que permanecieron a temperatura ambiente durante 8 y 10 días. Sin embargo, ésta selección mostró diferencias significativas entre el factor aire y AC; aunque señalan un incremento en acidez en ambos tratamientos los sometidos al 5% de CO<sub>2</sub>, tienen un incremento mayor, mismo que disminuyó después de salir del almacenamiento; lo anterior coincide con datos de Magaña *et al.*, (2011), en frutos de (*Hylocereus undatus*), de cáscara roja y pulpa blanca donde la fruta cambió su acidez al ser transferida al medio ambiente. Este comportamiento también fue reportado por Centurión *et al.*, (1999) donde se evaluó la conservación de frutos de pitahaya a una temperatura de 4 °C, sin ningún tratamiento adicional a la refrigeración, lo que arrojó como resultado, alto nivel de acidez con respecto a los almacenados a 13 °C.

Aunque el % de ácido málico de las pitahayas “Tanith” después de ser almacenadas, mostró una disminución del valor al salir de la refrigeración, este no fue significativo en aire a 24,29 y 36 días de almacenamiento, salvo en el tratamiento de 21 días; caso contrario en AC de 5% de CO<sub>2</sub>, donde hay un cambio significativo en 21, 24 y 29 días de almacenamiento (da); con respecto a los 6 días posteriores, se considera que el día, 36 en CO<sub>2</sub>; no mostró cambios debido a que el estado de la fruta ya fué deficiente en la mayoría de los aspectos de calidad.

En la selección “Rosa del Sureste” se compararon solo dos tiempos de evaluación, aunque el comportamiento fue similar en ambos periodos solo en uno de ellos se pudieron preservar de los frutos después del almacenamiento. La Figura 6, señala el incremento de la acidez, con respecto al momento de la cosecha, y la disminución de ácido málico en las frutas que permanecieron a medio ambiente; así mismo los frutos almacenados únicamente en aire muestran valores menores al inicial, mientras que los valores generados por la aplicación del 5% de CO<sub>2</sub> fueron mayores. Al salir del almacenamiento son significativamente

diferentes entre ellos mismos colocándose en un valor promedio similar al de antes de ser almacenados.

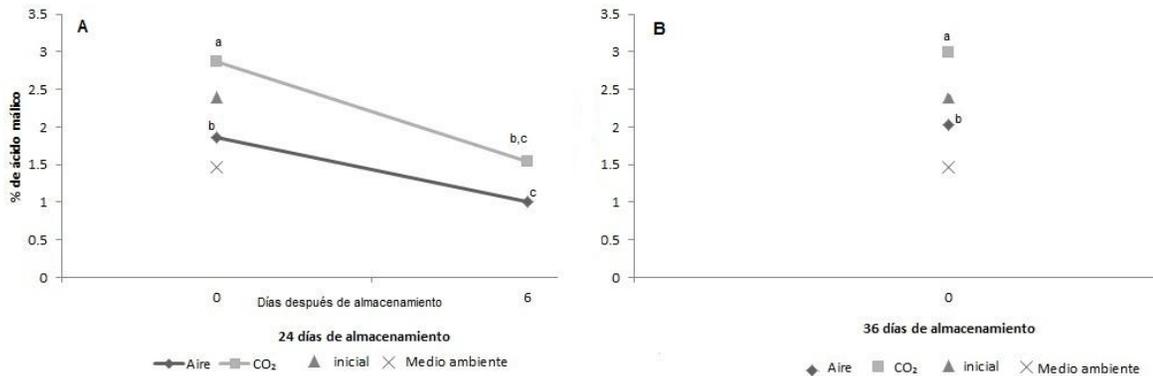


Figura 6. Efecto de los factores CO<sub>2</sub> y aire sobre el contenido de ácido málico en pitahayas de la selección “Rosa del Sureste”.

A= 24 días de almacenamiento y al ser transferidos a temperatura ambiente, B= 36 días de por periodo de almacenamiento sin transferencia a medio ambiente. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, alpha= 0.05). Las referencias Inicial= acidez al momento de ser cosechada. Medio ambiente= acidez después de permanecer de 8 a 10 días a temperatura ambiente.

El comportamiento de disminución de ácido málico al salir del almacenamiento sufrió tanto en la atmósfera de aire como la de CO<sub>2</sub>, así mismo se encontraron diferencias significativas en ambos tratamientos entre el momento en que termina el almacenamiento y 6 días después de haber sido almacenados, se considera que esto disminuye su calidad en cuanto a sabor.

Se realizó también el análisis comparativo de las tres selecciones evaluadas, todas del género *Hylocereus undatus*, pero con distintas características de apariencia y colectadas de distintas zonas del país. En las tres selecciones se probó únicamente un tiempo de almacenamiento que corresponde al periodo más largo tanto para “Tanith”, “Rosa del Sureste” y “Andrea”, que fueron 36 días a 6°C con aire y una AC de 5% de CO<sub>2</sub>, se obtuvo que con altas concentraciones de CO<sub>2</sub>, las 3 selecciones mostraron porcentajes de ácido málico similares, sin diferencias significativas, encontrándose únicamente un mayor efecto del CO<sub>2</sub> en la selección “Tanith” como se observa en la Figura 7.

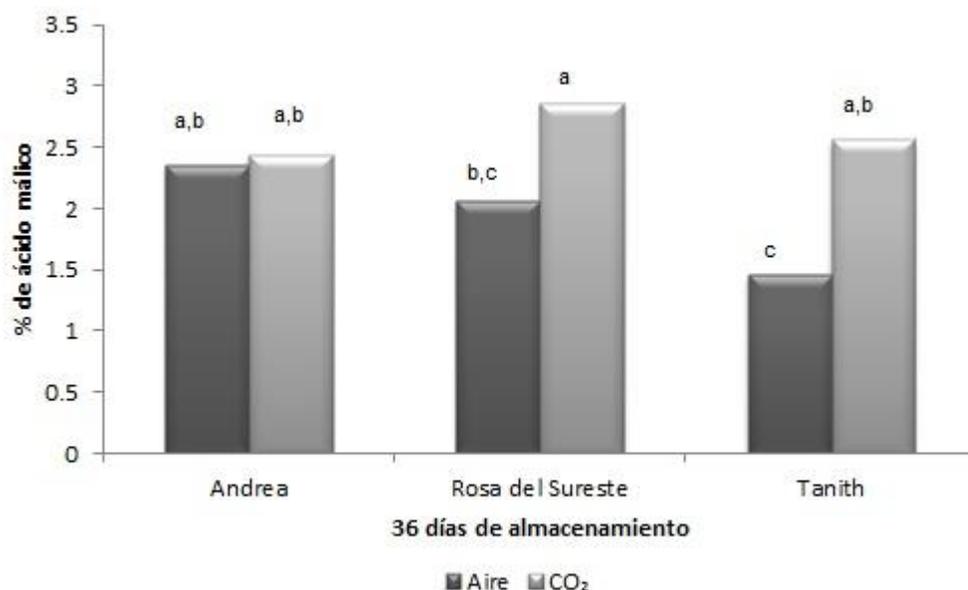


Figura 7. % de ácido málico en tres selecciones de pitahaya (*Hylocereus undatus*) después de 36 días de almacenamiento a 6°C con 2 atmósferas diferentes aire y 5% de CO<sub>2</sub>. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, alpha= 0.05).

Los valores mostrados por la selección “Tanith”, muestran mayor efecto a la aplicación del CO<sub>2</sub>.

#### 4.1.2 pH

El pH, es un parámetro generalmente inverso a la acidez, en la Figura 8, se observa que para la selección “Tanith”, el pH se mantuvo o aumenta en AC con 5% de CO<sub>2</sub>, Ospina y Cartagena (2008); mencionan que el CO<sub>2</sub>, modifica el pH de los frutos; y en el caso de las pitahayas que se almacenaron con aire se presentaron valores más bajos que en los almacenados en una atmósfera enriquecida con CO<sub>2</sub>, mostrando diferencias significativas entre ellos en los diferentes periodos de almacenamiento, la explicación a este comportamiento es similar a la encontrada en frutos de Uchuva *Physalis peruviana L.* en las que de igual forma en su proceso de almacenamiento los valores de pH se vieron incrementados mientras que los valores de acidez fueron bajos (Alvarado *et al.* 2004).

El comportamiento del pH al salir del almacenamiento se caracterizó por eliminar las diferencias significativas entre el tratamiento de aire y CO<sub>2</sub>, al permanecer al medio ambiente para 21, 24 y 29 días. Las diferencias significativas del momento que son retirados del refrigerador y durante los 6 días posteriores; ocurren en el periodo de 36 días.

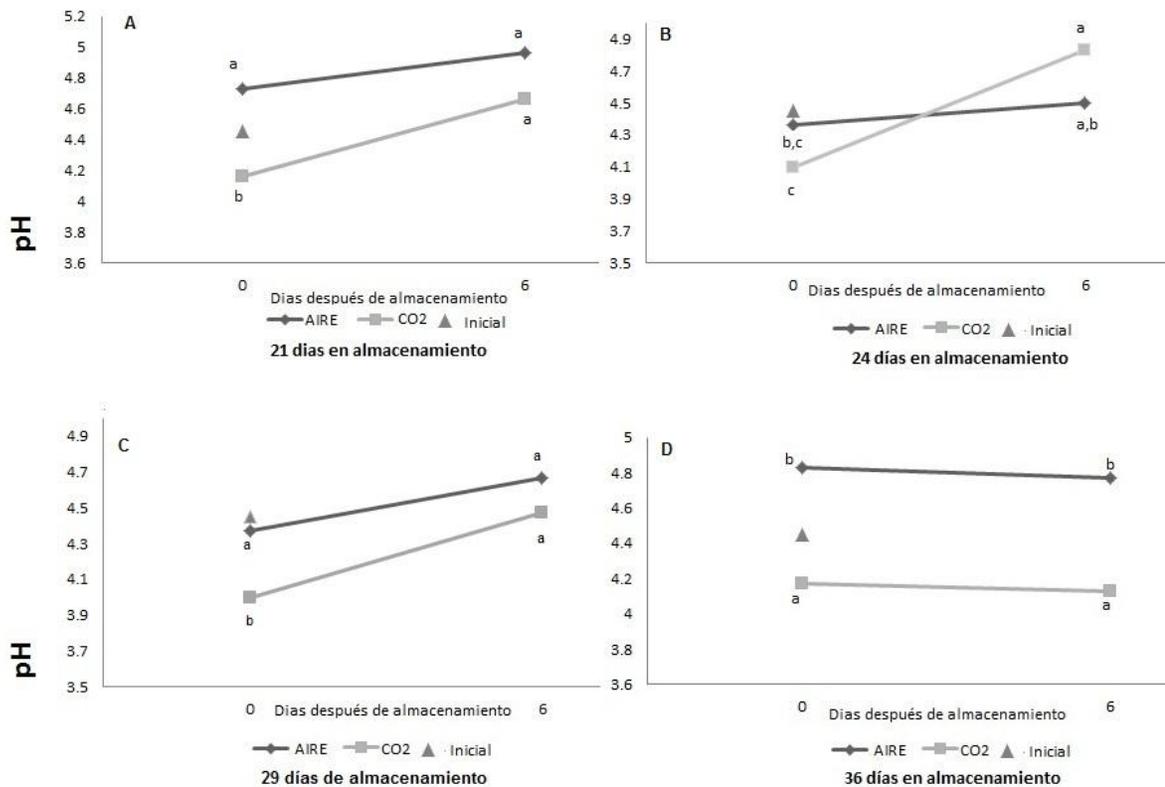


Figura 8. Efecto de los factores CO<sub>2</sub> y aire sobre el pH en pitahayas de la selección “Tanith”. A= 21 días de almacenamiento y 6 días después almacenamiento, B= 24 días de almacenamiento y 6 días después de almacenamiento, C= 29 días de almacenamiento y 6 días después de almacenamiento, D= 36 días de almacenamiento y 6 días después de ser transferidos a temperatura ambiente. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ). Las referencias Inicial= acidez al momento de ser cosechado.

El efecto de las AC en la selección “Rosa del Sureste”, coincide al mostrar valores más bajos de pH, cuando el valor de acidez fue alto, esto en los tratamientos de 5% de CO<sub>2</sub>, y valores altos de pH cuando el valor de acidez fue menor, sin mostrar diferencias significativas ni al salir del almacenamiento y tampoco posteriormente (Figura 9); ésto únicamente se aprecia en el periodo más largo, el cual no se considera como opción de almacenamiento.

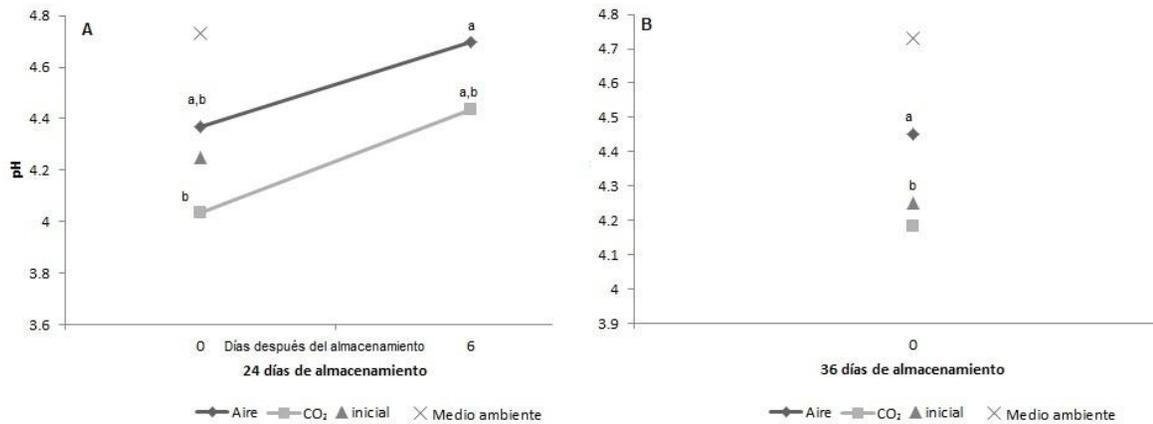


Figura 9. Efecto de los factores de CO<sub>2</sub> y aire sobre el pH, en pitahayas de la selección “Rosa del Sureste”.

A= 24 días de almacenamiento y al ser transferidos a temperatura ambiente, B= 36 días de por periodo de almacenamiento sin transferencia a medio ambiente. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, alpha= 0.05). Las referencias Inicial= acidez al momento de ser cosechado. Medio ambiente= acidez después de permanecer de 8 a 10 días a temperatura ambiente.

El análisis comparativo de las tres selecciones en cuanto a los valores de pH se muestran en la figura 10, donde no se observaron diferencias significativas, en las diferentes atmósferas o las selecciones.

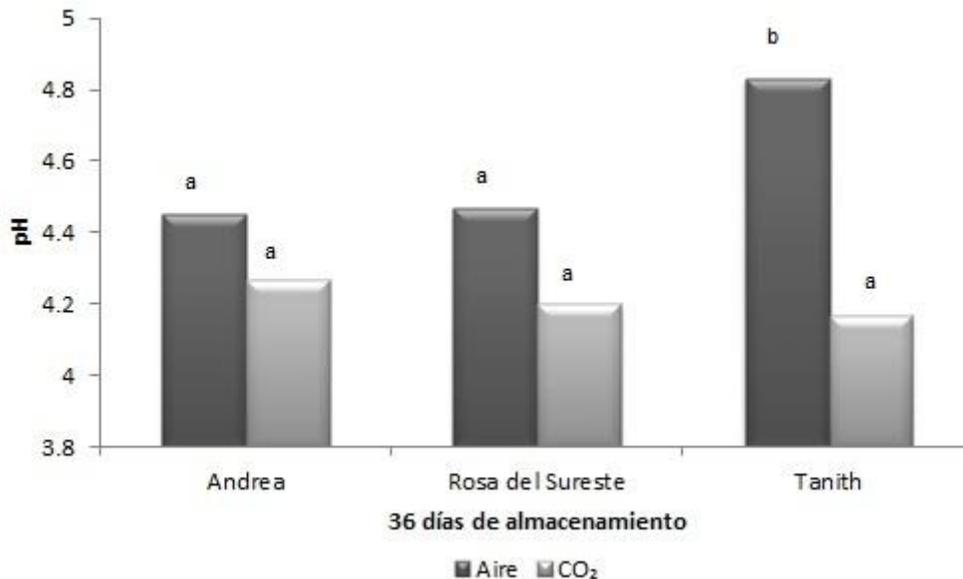


Figura 10. Valores de pH, en tres selecciones de pitahaya (*Hylocereus undatus*) después de 36 días de almacenamiento a 6°C con 2 atmósferas diferentes aire y 5% de CO<sub>2</sub>. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, alpha= 0.05).

#### 4.1.3 Sólidos solubles totales

Los resultados obtenidos en la selección "Tanith" Figura 11, muestra la disminución de los valores de sólidos solubles con respecto al valor en el momento de ser cosechados los cuales tenían un promedio de 12.7 °Brix, esta disminución ocurre durante el almacenamiento, Osuna *et al.*, (2011), reportaron valores de 14 ° Brix, los cuales fueron disminuyendo conforme pasan los días después de ser cosechados y manteniéndolos a medio ambiente. La disminución de °brix se vuelve más acentuada después de haber sido almacenadas.

El factor atmósfera de almacenamiento, muestra un efecto aunque no llega a ser significativo entre ellas, al salir del almacenamiento y tampoco posteriormente, a pesar de este comportamiento los valores °brix obtenidos en esta selección; se mantienen arriba de los 10 °Brix; mostrándose un ligero incremento conforme avanza el tiempo en almacenamiento y viéndose favorecido el tratamiento con AC, hasta los 29 días, la utilización de AC de flujo continuo busca la conservación de la fruta en su estado más natural, Nerd *et al.* (1999) reportan valores entre 16-17 °Brix; esto en frutas en condiciones de ambiente natural; el hecho de que en ninguno de los casos se muestren diferencias significativas es comparable con los resultados obtenidos por el mismo autor en el quien tiene reportado que los sólidos solubles totales en el género (*Hylocereus undatus*) pero de cascará roja, permanecen constantes durante su almacenamiento a 6,14 y 20 °C; sin ningún otro tratamiento más que las diferentes temperaturas de refrigeración, es decir los frutos que estaban en la atmósfera de aire no presentaron cambios.

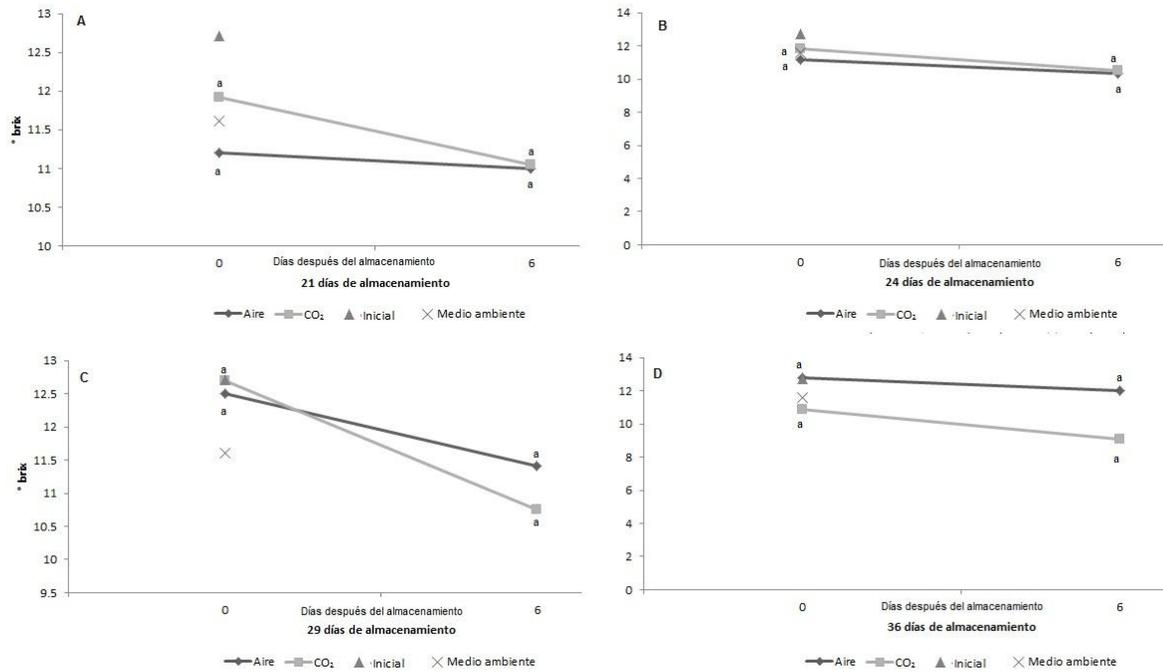


Figura 11. Efecto de los factores de CO<sub>2</sub> y aire sobre los sólidos solubles totales (°brix) en pitahayas de la selección “Tanith”.

A= 21 días de almacenamiento y 6 días después almacenamiento, B= 24 días de almacenamiento y 6 días después de almacenamiento, C= 29 días de almacenamiento y 6 días después de almacenamiento, D= 36 días de almacenamiento y 6 días después de ser transferidos a temperatura ambiente. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, alpha= 0.05). Las referencias Inicial= acidez al momento de ser cosechado. Medio ambiente= acidez después de permanecer de 8 a 10 días a temperatura ambiente.

La selección “Rosa del Sureste”, mostró permanencia o ligera disminución en los grados Brix (Figura 12), conforme avanzaba el tiempo de almacenamiento aunque no se muestran diferencias significativas, la AC de 5 % de CO<sub>2</sub> mostró valores más altos que los frutos que solo permanecieron almacenados con aire.

El que no se presenten cambios significativos en sólidos solubles durante el almacenamiento; se observa el efecto de las atmósferas, aún así esta selección presenta algunas deficiencias en su adaptación a temperaturas bajas con la aplicación de CO<sub>2</sub>, sugieren una relación benéfica para la preservación de los ° Brix aceptables.

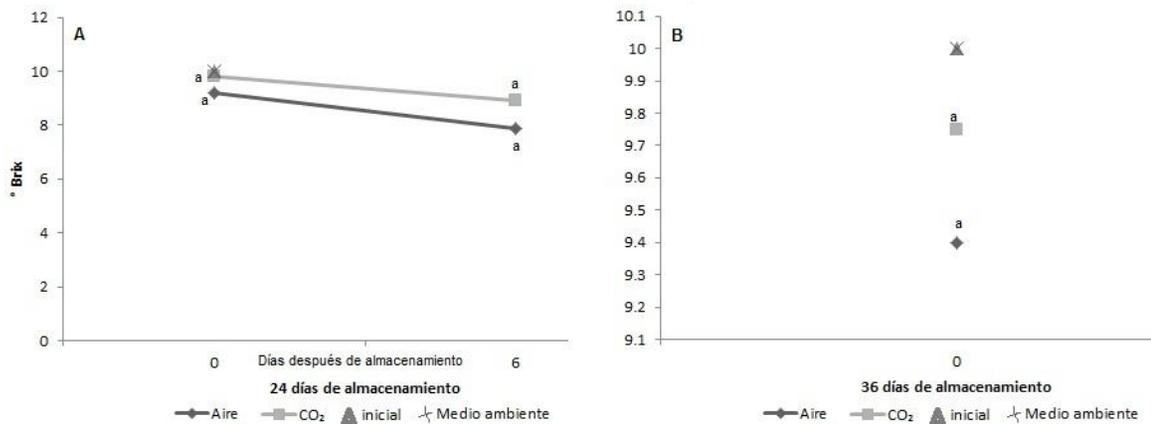


Figura 12. Efecto de los factores de CO<sub>2</sub> y aire sobre los sólidos solubles totales (°brix) en pitahayas de la selección “Rosa del sureste”.

A= 24 días de almacenamiento y al ser transferidos a temperatura ambiente, B= 36 días de por periodo de almacenamiento sin transferencia a medio ambiente. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, alpha= 0.05). Las referencias Inicial= acidez al momento de ser cosechado. Medio ambiente= acidez después de permanecer de 8 a 10 días a temperatura ambiente.

El comportamiento de los sólidos solubles totales de las tres selecciones evaluadas y almacenadas durante 36 días no mostró diferencias significativas, aunque se observó un ligero efecto de las AC en la selección “Rosa del Sureste”, la cual a diferencias de las otras dos selecciones, en la atmósfera con 5% de CO<sub>2</sub>, generó valores más altos que en los tratamientos con aire; caso contrario ocurrió para ese tiempo de almacenamiento que fue considerado el más largo en las selecciones “Tanith” y “Andrea” (Figura 13).

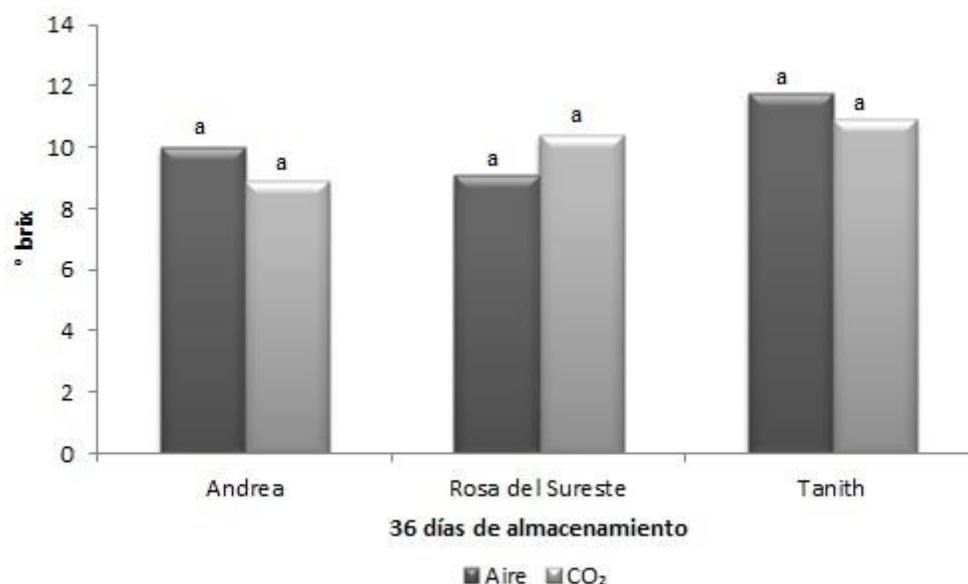


Figura 13. Valores de °brix, en tres selecciones de pitahaya (*Hylocereus undatus*) después de 36 días de almacenamiento a 6°C con 2 atmósferas diferentes aire y 5% de CO<sub>2</sub>. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, alpha= 0.05).

#### 4.1.4 Azúcares totales y reductores.

Además de los ácidos orgánicos los azúcares reductores de las frutas también están relacionados con el sabor, lo que le dará un sabor característico y diferente dependiendo de la composición y concentración de azúcares. Los resultados de la selección “Tanith” se muestran en la Figura 14, y son presentados como g glucosa/ g pulpa, aunque se aprecia el efecto de las AC, tanto en aire como con 5% de CO<sub>2</sub>, se puede observar que en 21 días de almacenamiento los azúcares se mantienen y disminuyen ligeramente después del almacenaminto; se tienen datos reportados por Centurión *et al.*, (1999) evaluaron la conservación de frutos de pitahaya a una temperatura de 4 °C, encontrando que se mantiene un alto nivel de azúcares reductores con respecto a los almacenados a 13 °C.

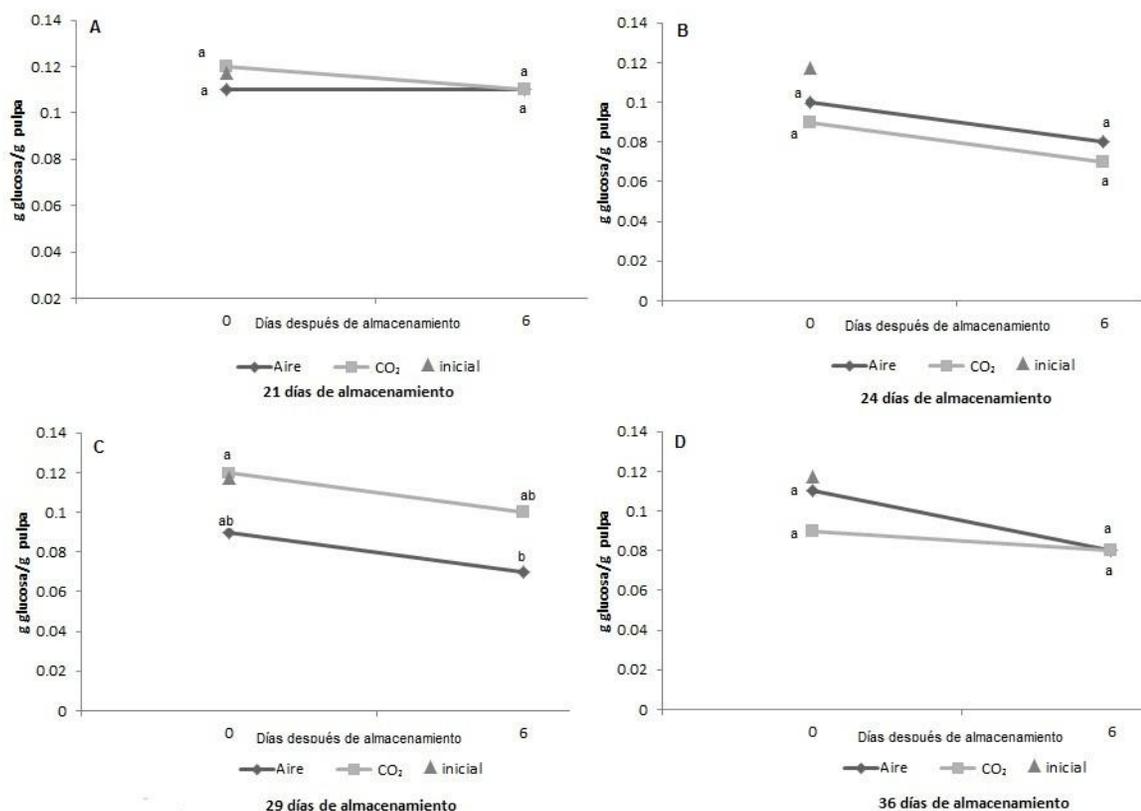


Figura 14. Efecto de los factores de CO<sub>2</sub> y aire sobre los azúcares totales en pitahayas de la selección "Tanith".

A= 21 días de almacenamiento y 6 días después almacenamiento, B= 24 días de almacenamiento y 6 días después de almacenamiento, C= 29 días de almacenamiento y 6 días después de almacenamiento, D= 36 días de almacenamiento y 6 días después de ser transferidos a temperatura ambiente. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, alpha= 0.05). Las referencias Inicial= acidez al momento de ser cosechado. Medio ambiente= acidez después de permanecer de 8 a 10 días a temperatura ambiente.

Nerd *et al* (1999), señalaron que en frutos de pitahaya almacenados a 6, 14 y 20° C por 1, 2 y 3 semanas los valores de azúcares solubles, no presentaron variación significativa; sin embargo en la selección "Tanith", conforme aumenta el periodo de almacenamiento se tiene un comportamiento más variable, sin llegar a ser perjudicial, para el fruto la presencia de glucosa en fruto puede incrementarse o disminuir durante y al salir del almacenamiento, Nerd *et al.* (1999<sup>b</sup>) mencionaron que en frutos de pitaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) en dos estados de madurez diferentes se observó una disminución en la presencia de azúcares solubles durante el almacenamiento a 10 y 20° C, en mayor medida en la temperatura más baja. El comportamiento encontrado en "Tanith" al salir del

almacenamiento fue constante en todos los tiempos de almacenamiento, la cantidad de glucosa por g pulpa indiscutiblemente disminuirá después de haber sido almacenada. Alia-Tejacal *et al.* (2006), registraron la disminución de los azúcares reductores después del almacenamiento en frutos de zapote mamey.

La selección “Rosa del Sureste”, mostró una disminución de los azúcares reductores al almacenar los frutos de pitahaya a 6°C, Figura 15; sin embargo dejó ver el efecto de la dosis de 5% de CO<sub>2</sub>, generando un incremento en azúcares reductores después del almacenamiento, datos no mostrados de frutos almacenados por 21 días con la misma AC y temperatura generaron el mismo comportamiento 0.08318 g glucosa/g pulpa y 6 días después 0.121352 g glucosa/g pulpa; a diferencia de los frutos almacenados en aire, los cuales disminuyen la cantidad de glucosa, durante el almacenamiento y posteriormente. En los frutos de “Rosa del Sureste”, que permanecieron almacenados por 36 días se observó que en las dos atmósferas, los valores fueron menores al valor inicial, o de los frutos que permanecieron al medio ambiente, este tiempo de almacenamiento resultó no ser apto para las pitahayas de esta selección, por lo que ninguna de las dos atmósferas de almacenamiento generó resultados benéficos, por la mala condición del fruto.

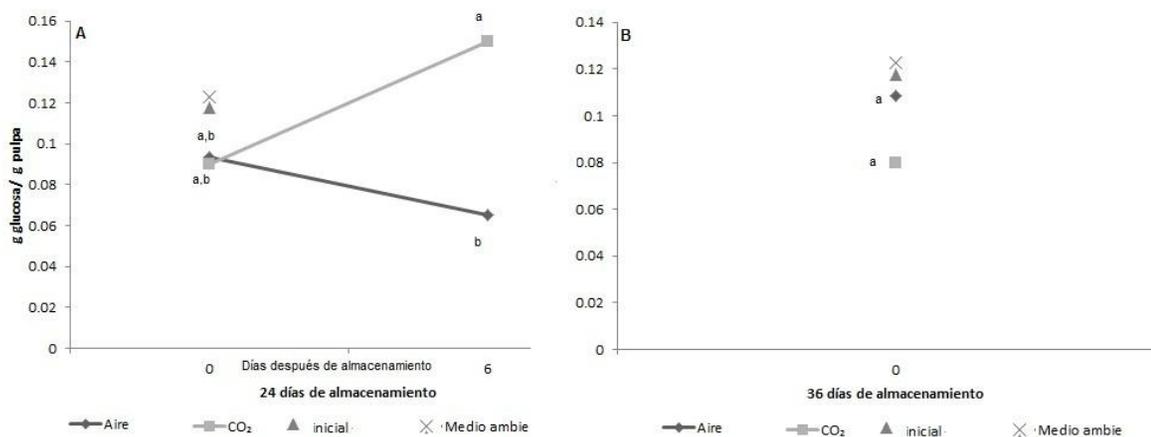


Figura 15. Efecto de los factores de CO<sub>2</sub> y aire sobre los azúcares totales en pitahayas de la selección “Rosa del Sureste”.

A= 24 días de almacenamiento y al ser transferidos a temperatura ambiente, B= 36 días de por periodo de almacenamiento sin transferencia a medio ambiente. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, alpha= 0.05). Las referencias Inicial= acidez al momento de ser cosechada. Medio ambiente= acidez después de permanecer de 8 a 10 días a temperatura ambiente.

El análisis realizado para comparar el efecto de las selecciones y las AC, Figura 16, a la que fueron sometidos los frutos, no muestra cambios significativos entre ellas, ni entre las diferentes atmósferas, sin embargo se observa un resultado positivo en la selección “Andrea” a la aplicación de 5% de CO<sub>2</sub>.

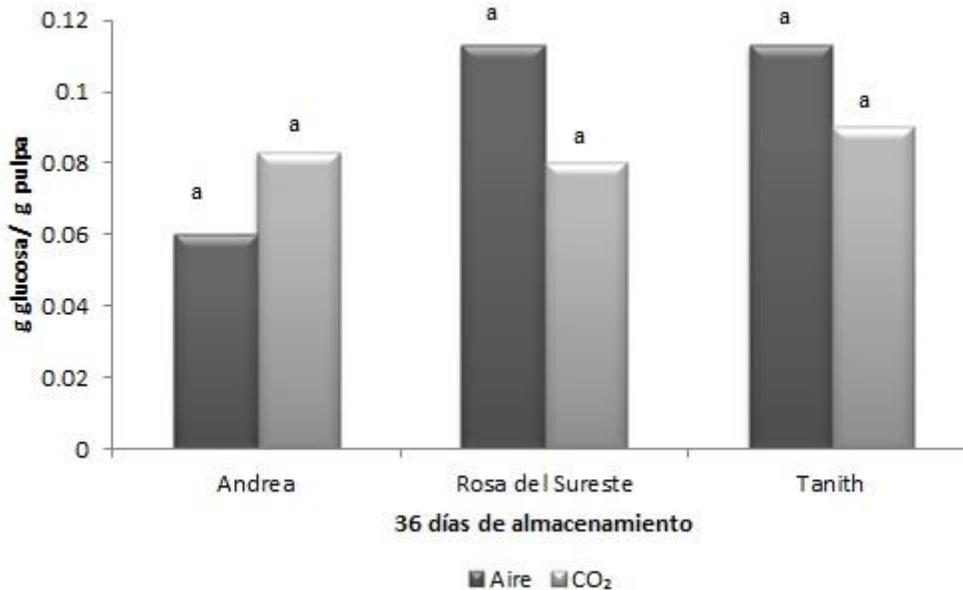


Figura 16. Valores de glucosa, en tres selecciones de pitahaya (*Hylocereus undatus*) después de 36 días de almacenamiento a 6°C con 2 atmósferas diferentes aire y 5% de CO<sub>2</sub>. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, alpha= 0.05).

#### 4.1.5 Vitamina C (Ácido ascórbico).

Se tiene reportado que la presencia de vitamina C en frutos de pitahaya, no es considerable; los resultados obtenidos en g de vitamina C por cada 100 g de pulpa de pitahaya de la selección “Tanith” (Figura 17), muestran valores arriba de 0.46 g de vitamina C/ 100 g de pulpa. El comportamiento de esta selección mostró disminución de la cantidad de vitamina C, con respecto al valor inicial, sin embargo tanto sin refrigeración y AC, como con ellas se muestra un ligero aumento en la cantidad de ácido ascórbico, aunque no llega a ser significativo, más que en el periodo de 21 da, este comportamiento es diferente al reportado por Rodriguez *et al.*, (2005) mencionaron una disminución en la cantidad de ácidos ascórbico en

frutos almacenados a 8°C. Este comportamiento puede ser característico de la selección.

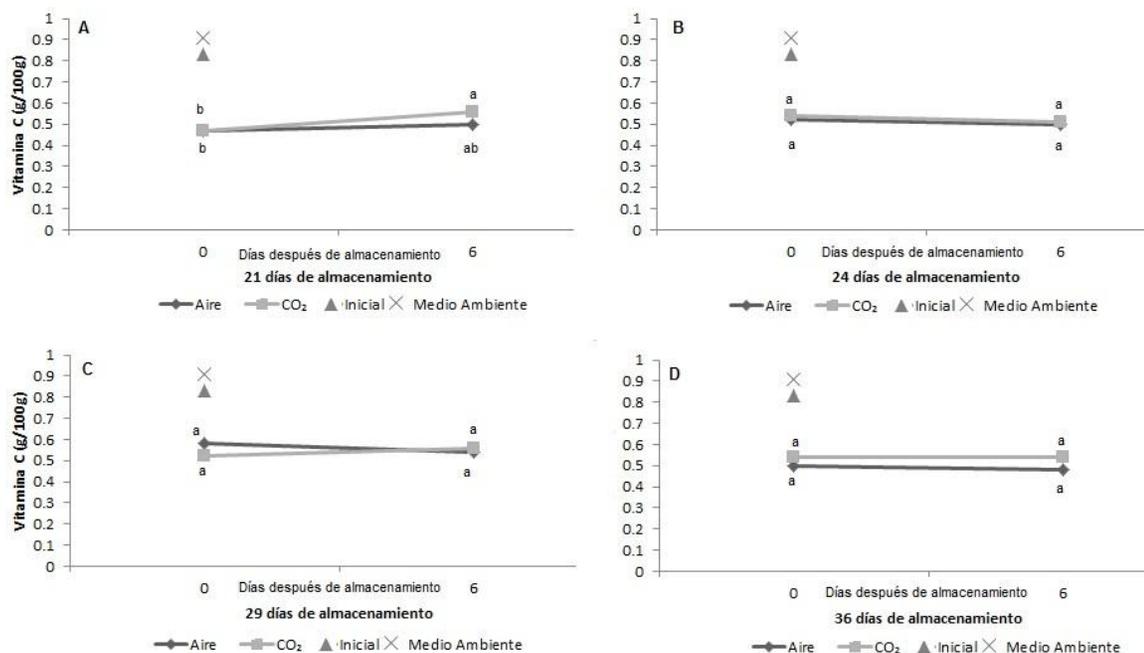


Figura 17. Efecto del los factores de CO<sub>2</sub> y aire sobre la vitamina C (ácido ascórbico) en pitahayas de la selección “Tanith”. A= 21 días de almacenamiento y 6 días después almacenamiento, B= 24 días de almacenamiento y 6 días después de almacenamiento, C= 29 días de almacenamiento y 6 días después de almacenamiento, D= 36 días de almacenamiento y 6 días después de ser transferidos a temperatura ambiente. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, alpha= 0.05). Las referencias Inicial= acidez al momento de ser cosechado. Medio ambiente= acidez después de permanecer de 8 a 10 días a temperatura ambiente.

La selección “Rosa del Sureste”, presentó claramente una disminución de los valores vitamina C (Figura 18), este comportamiento se aprecia tanto a medio ambiente como en almacenamiento, aunque no hay incidencia del factor atmósfera sobre esta selección, un comportamiento similar registraron Osuna *et al.*, (2011) en la variedad *Hylocereus undatus* frutos de cáscara roja y pulpa blanca.

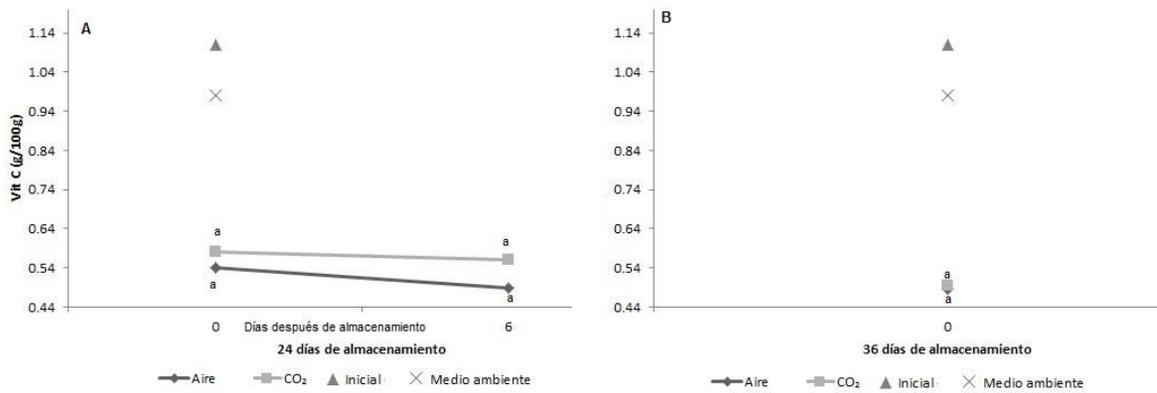


Figura 18. Efecto de los factores de CO<sub>2</sub> y aire sobre la vitamina C (ácido ascórbico) en pitahayas de la selección “Rosa del Sureste”.

A= 24 días de almacenamiento y al ser transferidos a temperatura ambiente, B= 36 días de por periodo de almacenamiento sin transferencia a medio ambiente. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, alpha= 0.05). Las referencias Inicial= acidez al momento de ser cosechada. Medio ambiente= acidez después de permanecer de 8 a 10 días a temperatura ambiente.

El análisis del contenido de vitamina C en las tres selecciones evaluadas bajo el efecto del 5 % de CO<sub>2</sub>, fue mayor que en los frutos colocados en aire; siendo significativo en las tres selecciones aunque mayor efecto en la selección “Andrea” y “Tanith” (Figura 19). Se considera que estas selecciones presentaban mejores condiciones del fruto en este periodo de almacenamiento.

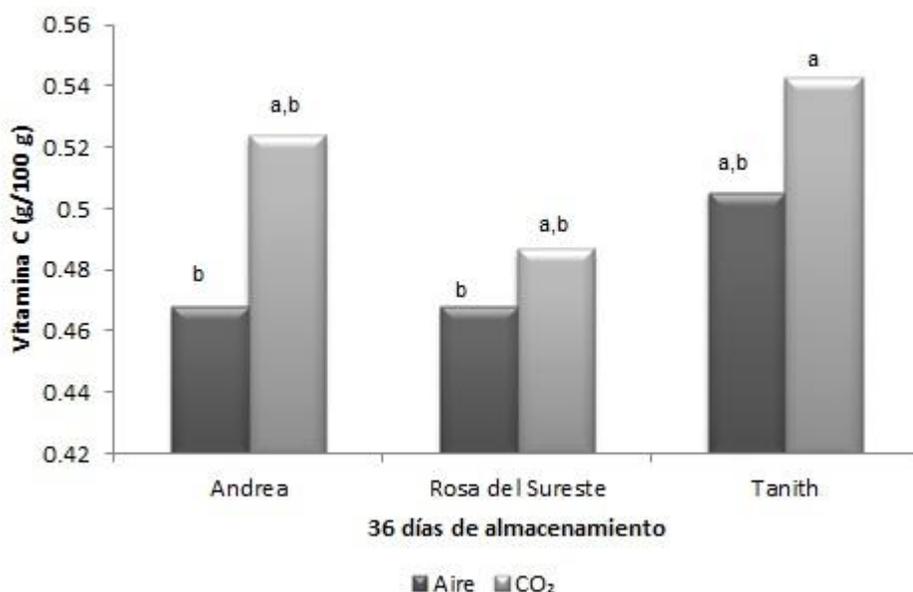


Figura 19. Valores de Vitamina C (ácido ascórbico), en tres selecciones de pitahaya (*Hylocereus undatus*) después de 36 días de almacenamiento a 6°C con 2 atmósferas diferentes aire y 5% de CO<sub>2</sub>. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, alpha= 0.05).

#### 4.1.6 Firmeza

La firmeza de los frutos de pitahaya de la selección “Tanith”, Figura 20, muestra un efecto positivo de la AC con 5% de CO<sub>2</sub>, en diferentes periodos de almacenamiento, encontrando en la mayoría de los casos diferencias significativas contra la atmósfera de aire ya sea al salir del almacenamiento o en la conservación de la firmeza posteriormente al almacenamiento. Considerando valores promedio de firmeza de los frutos al ser cosechados, de entre 3.82 N, la firmeza se mantiene y el almacenamiento ocasiona en la cáscara cierta elasticidad, lo que genera una mayor fuerza al penetrar el puntal, la disminución de la firmeza al salir del almacenamiento, es un comportamiento esperado.

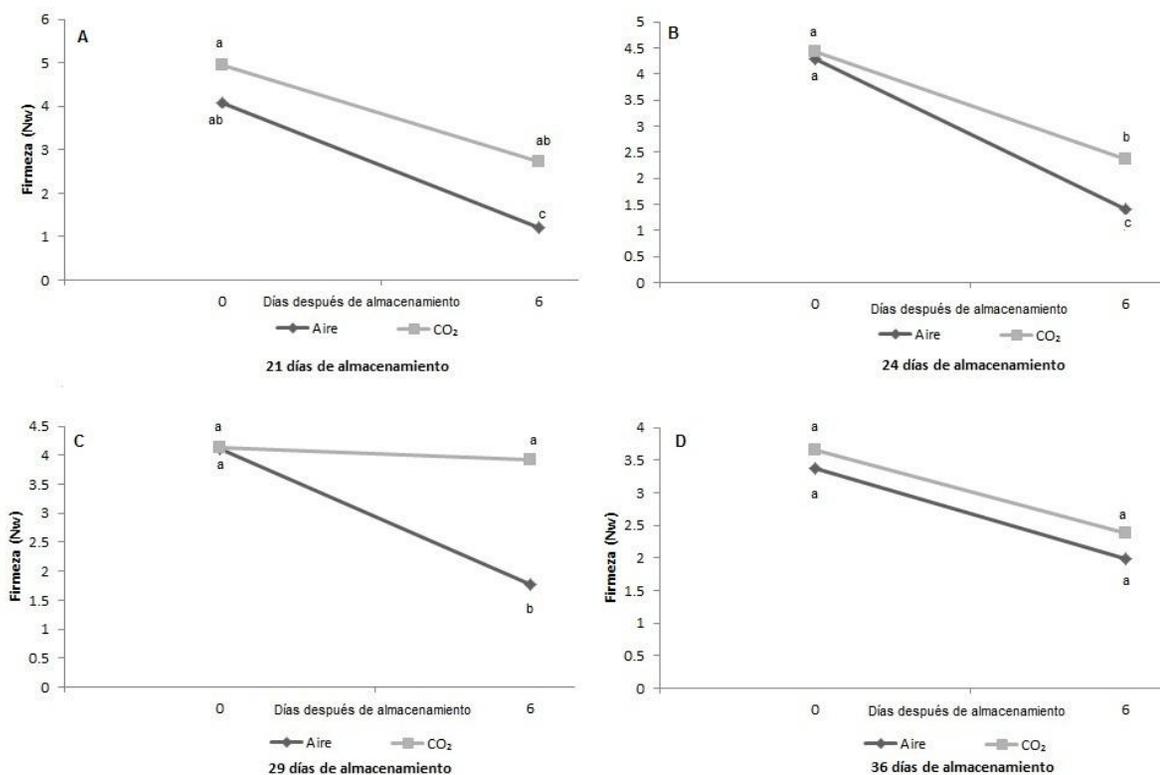


Figura 20. Efecto del los factores de CO<sub>2</sub> y aire sobre la firmeza (N) en pitahayas de la selección “Tanith”.

A= 21 días de almacenamiento y 6 días después almacenamiento, B= 24 días de almacenamiento y 6 días después de almacenamiento, C= 29 días de almacenamiento y 6 días después de almacenamiento, D= 36 días de almacenamiento y 6 días después de ser transferidos a temperatura ambiente. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ).

La selección “Rosa del sureste” mostró (Figura 21), un mejor efecto en frutos almacenados en una atmósfera de aire en comparación con los expuestos a 5% de CO<sub>2</sub>; Balois (2006), almacenó frutos de pitahaya sometiéndolos a tratamientos intermitentes de temperatura entre los 11, 7 y 3 °C, por 4 semanas, y encontró que los frutos conservaron la firmeza o incluso la incrementaban al salir al medio ambiente; sin embargo este comportamiento puede deberse al grado de madurez de las frutas, que utilizó entre un 30 y un 60 % de color rojo, mientras que las frutas del presente experimento fueron a un 80% de coloración. Aún así, es posible apreciar como los frutos almacenados en el periodo más largo arrojaron valores de firmeza menor a los almacenados por 24 días.

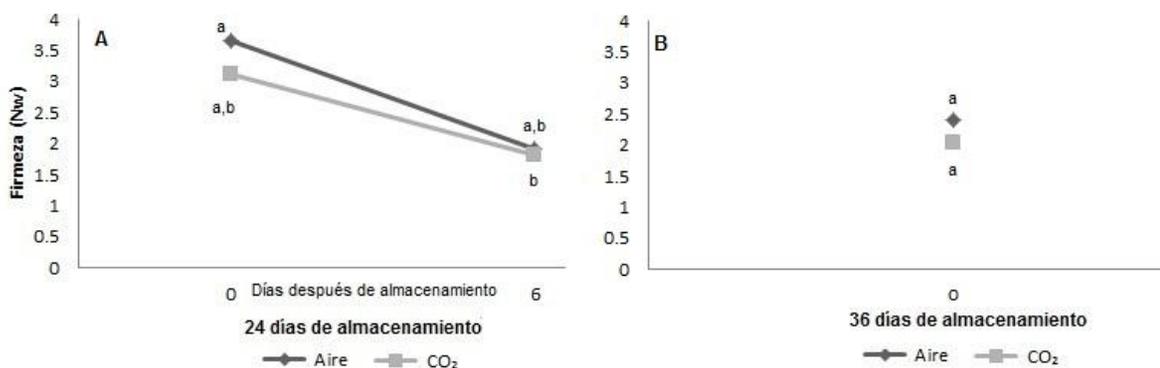


Figura 21 Efecto de los factores de CO<sub>2</sub> y aire sobre la firmeza (N) de los frutos de pitahaya de la selección “Rosa del Sureste”.

A= 24 días de almacenamiento y al ser transferidos a temperatura ambiente, B= 36 días de por periodo de almacenamiento sin transferencia a medio ambiente. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, alpha= 0.05).

De las tres selecciones de pitahaya almacenadas por 36 días (Figura 22) los valores más altos de firmeza fueron los de la selección “Tanith”, seguidos de Rosa del Sureste; aunque no se encontraron diferencias significativas, es evidente la adaptación de “Tanith” a la AC con CO<sub>2</sub>, a diferencias de las otras dos selecciones. “Andrea” presentó los valores de firmeza más bajos aunque en apariencia era mejor que la selección “Rosa del Sureste”

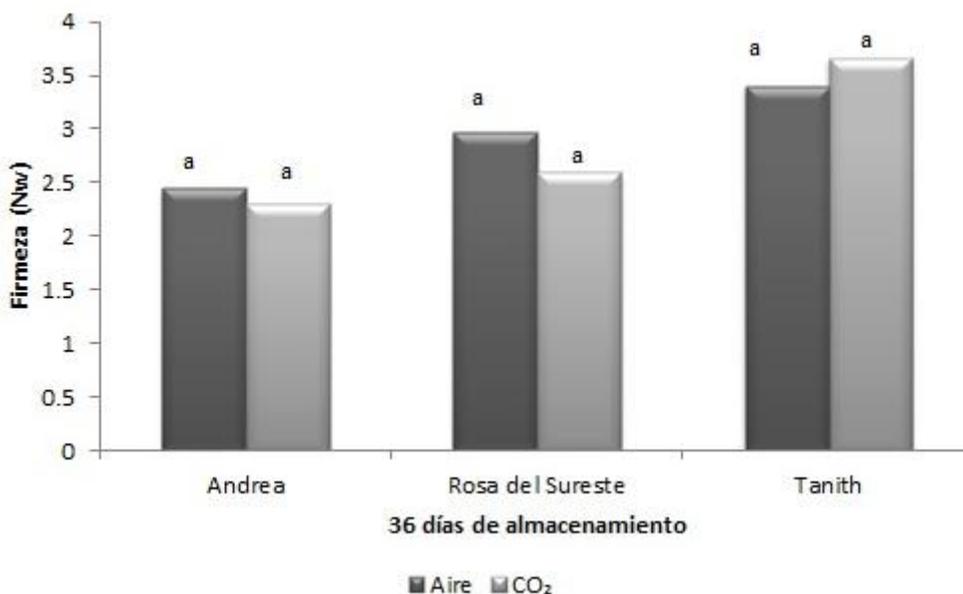


Figura 22. Valores de firmeza, en tres selecciones de pitahaya (*Hylocereus undatus*) después de 36 días de almacenamiento a 6°C con 2 atmósferas diferentes aire y 5% de CO<sub>2</sub>. Letras iguales, no presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, alpha= 0.05).

#### 4.1.7 Color

El cambio de color de las pitahayas, utilizadas en este experimento de forma visible, pueden parecer mínimos, debido a que se cosecharon en un estado de madurez similar, aunado su característica de fruto no climatérico.

Los resultados se exponen en gráficas tridimensionales (Figuras 23 y 24), que muestran el punto del color exacto de la fruta al iniciar el almacenamiento por 21, 24, 29 y 36 días, y al salir del mismo, considerando para la selección “Tanith” que se caracteriza por el color amarillo lo que la ubica en el cuadrante -a (negativo) y b (positivo) para la obtención de su color. La Figura 23 muestra el desplazamiento del color inicial a después del periodo de almacenamiento, con una disminución significativa de la intensidad de color de la fruta, sobre todo en los tratamiento de aire, preservándose un color más vivo los frutos en AC con 5% de CO<sub>2</sub> obtenido de la separación con respecto al eje L; los valores más altos de (-a) nos indican el paso del tono verde a uno menos verde y los valores altos de (b) el tono amarillo; por lo que los puntos después del periodo de almacenamiento son menos verdes, pero al mismo tiempo menos amarillos, esto se acentúa en el tratamiento de aire.

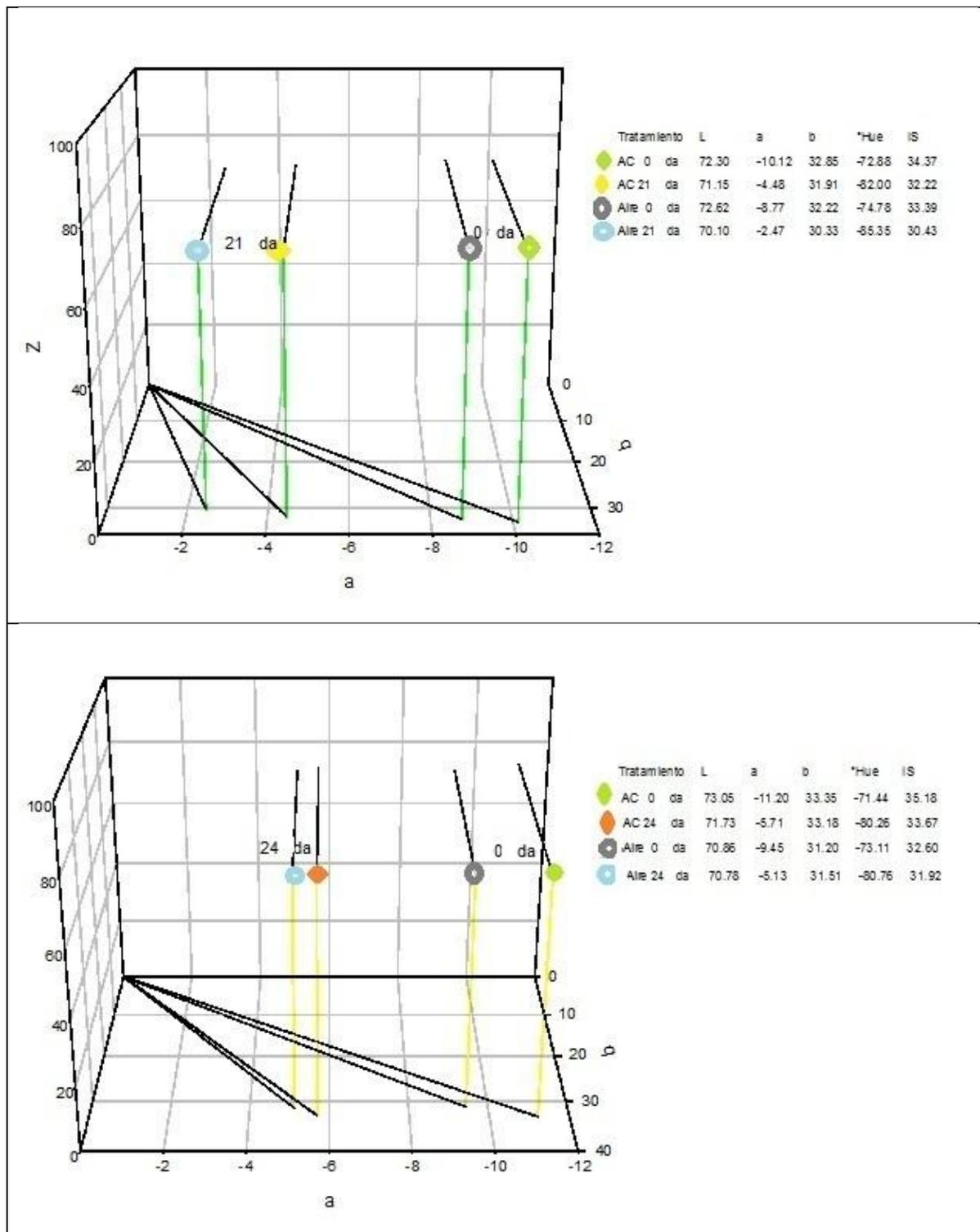


Figura 23. Efecto de los factores de CO<sub>2</sub> y aire en la conservación del color en pitahayas de la selección "Tanith" en los diferentes periodos de almacenamiento.  
 Nota: da= días de almacenamiento

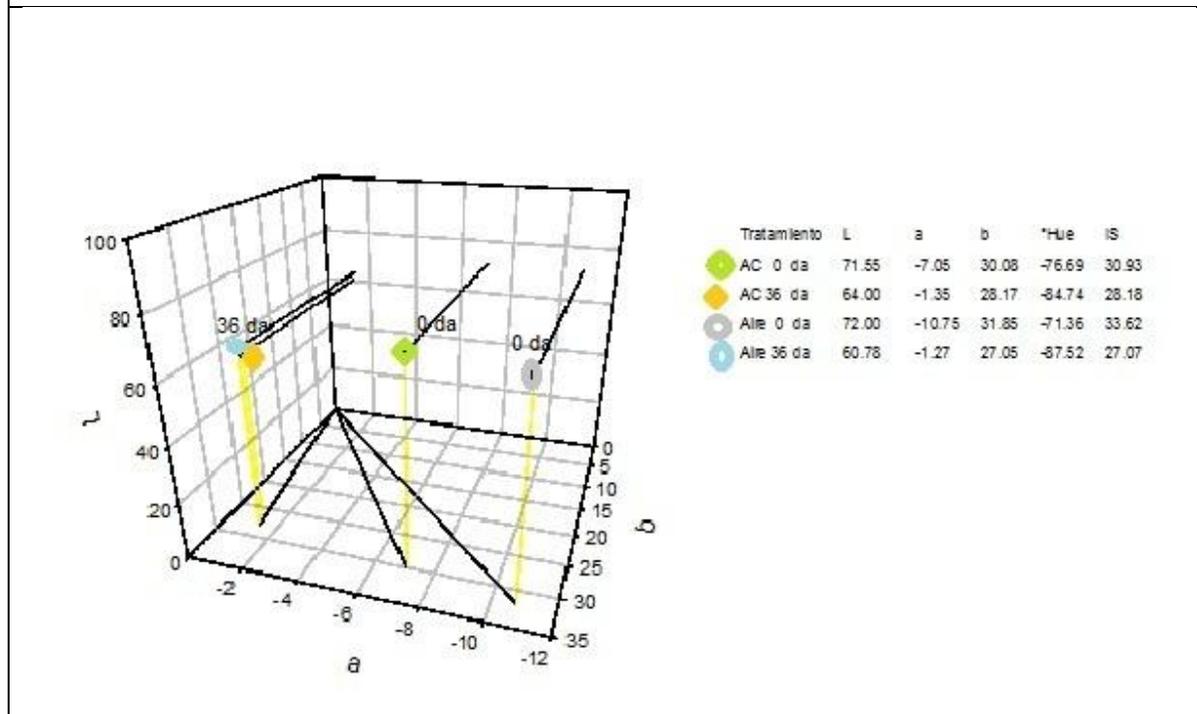
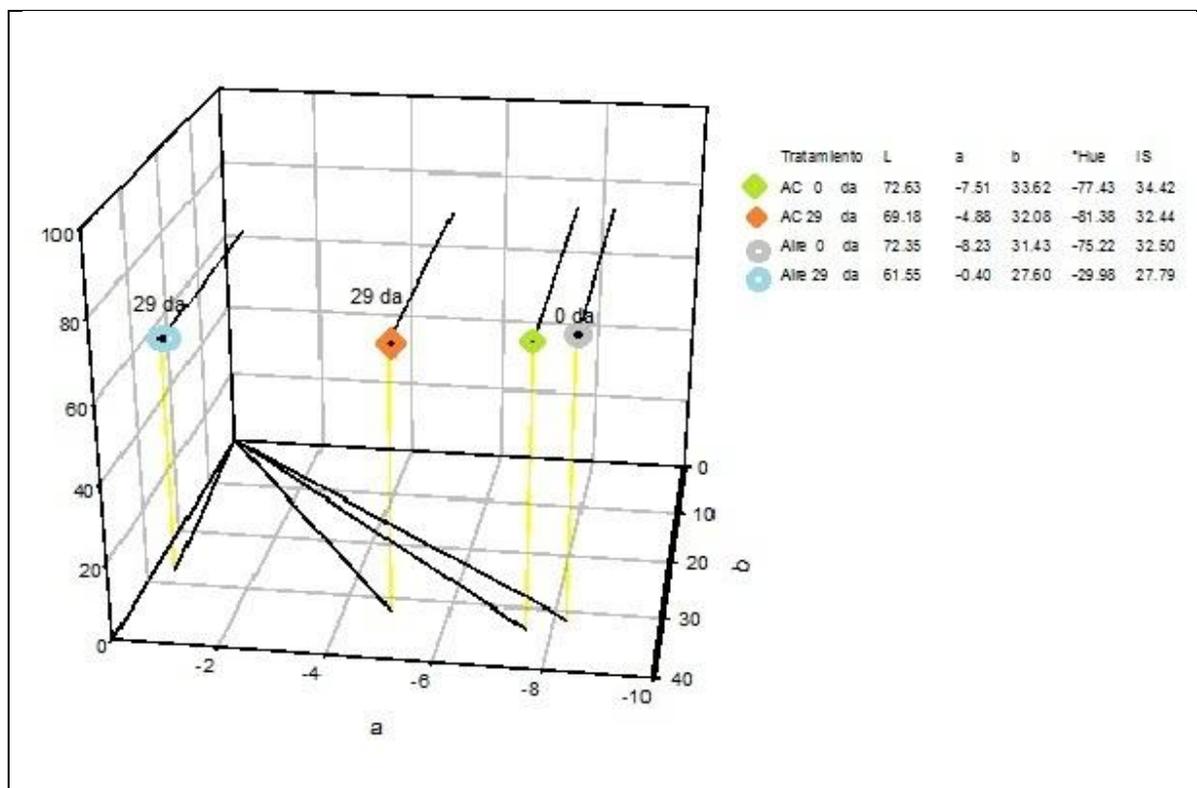


Figura 24. Efecto de los factores de CO<sub>2</sub> y aire la conservación del color en pitahayas de la selección "Tanith" en los diferentes periodos de almacenamiento.  
 Nota: da= días de almacenamiento

La Figura 25, agrupa el comportamiento a través de los diferentes periodos de almacenamiento del IS de la selección Tanith, puede apreciarse el efecto positivo del CO<sub>2</sub>.

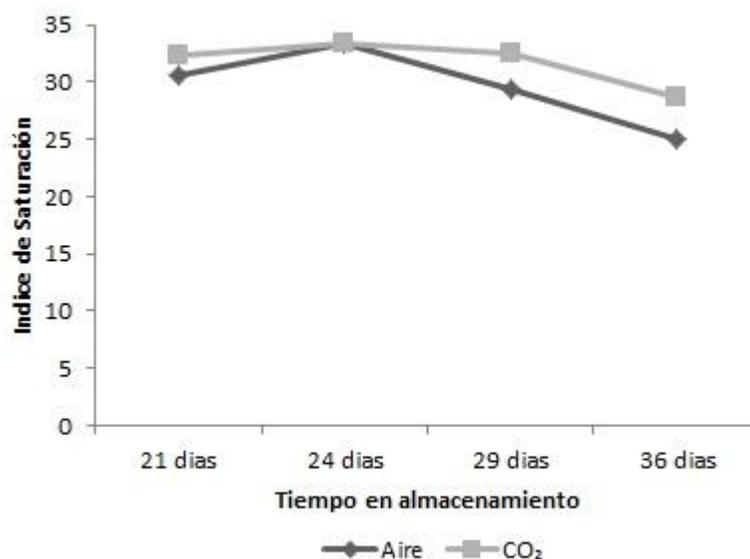


Figura 25. Tendencia del índice de saturación a través del tiempo de almacenamiento en frutos de la selección “Tanith”.

En la selección “Rosa del Sureste” los valores de a (positivos) son el color rojo, mientras que valores de b (positivos), dan como resultado el todo rosa intenso, esto se aprecia en la Figura 26, donde en los dos periodos de almacenamiento hay un breve desplazamiento del color inicial y al concluir el almacenamiento, sin embargo este no es muy notable, así mismo la fruta comenzó a presentar daños en el periodo más largo de almacenamiento; y es donde pueden apreciarse mejor los cambios en el color. Phebe *et al.*, (2009); señalaron que en pitahayas de cáscara roja, los valores de H° disminuyen según la fruta va madurando. El cambio de color en la cáscara se ha asociado con la enzima de degradación de la clorofila, al avanzar la maduración de la. Nerd y Mizrahi (1999) mencionaron que los cambios de color en la cáscara de verde pálido a rojizo, se presentaron conforme disminuyó el contenido de clorofila.

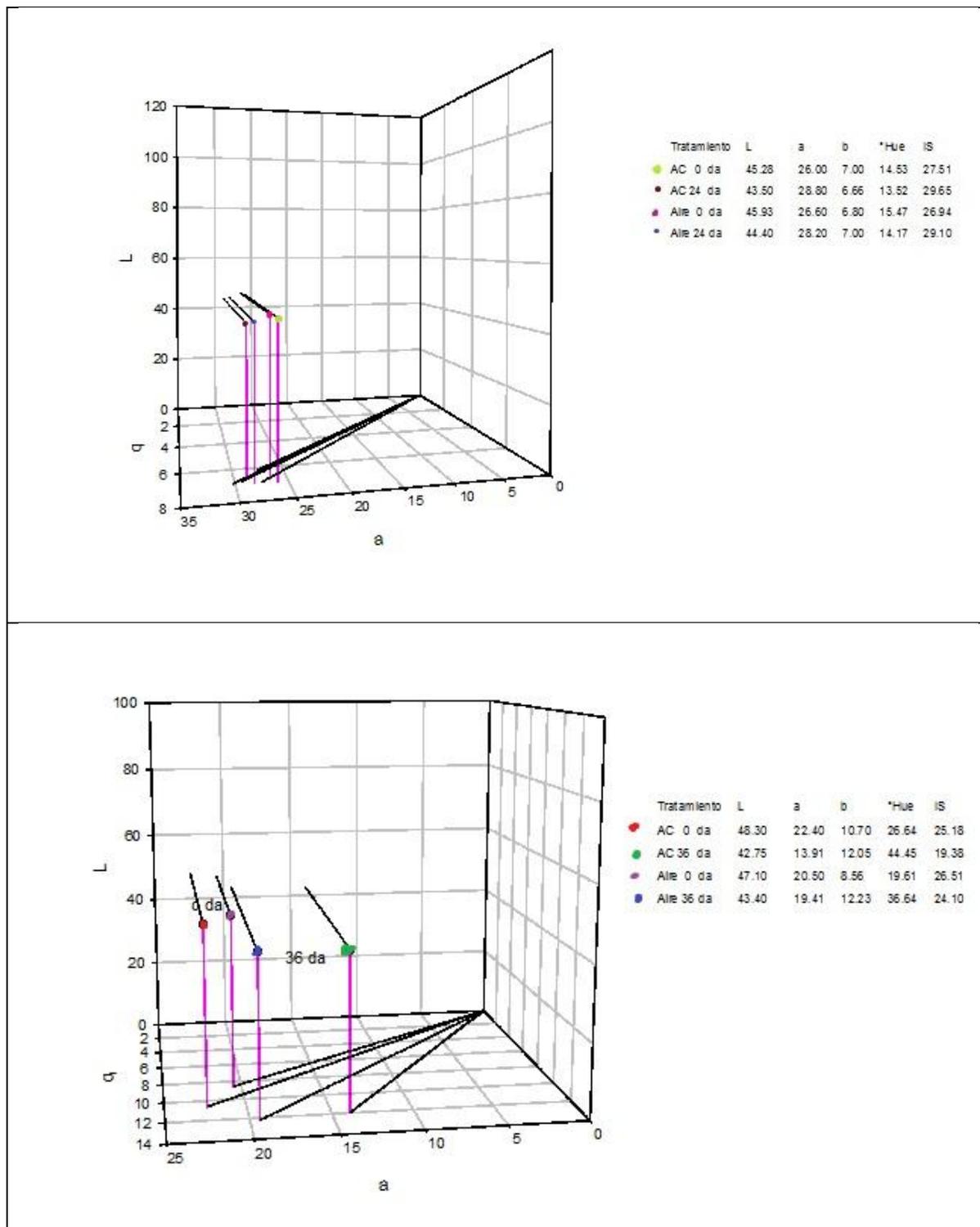


Figura 26. Efecto de los factores de CO<sub>2</sub> y aire la conservación del color en pitahayas de la selección "Rosa del Sureste" en los diferentes periodos de almacenamiento.  
 Nota: da= días de almacenamiento

#### 4.1.8 Apariencia

La apariencia de la fruta es una variable importante de calidad que buscan ser destacadas en el momento de la comercialización Figura 27.

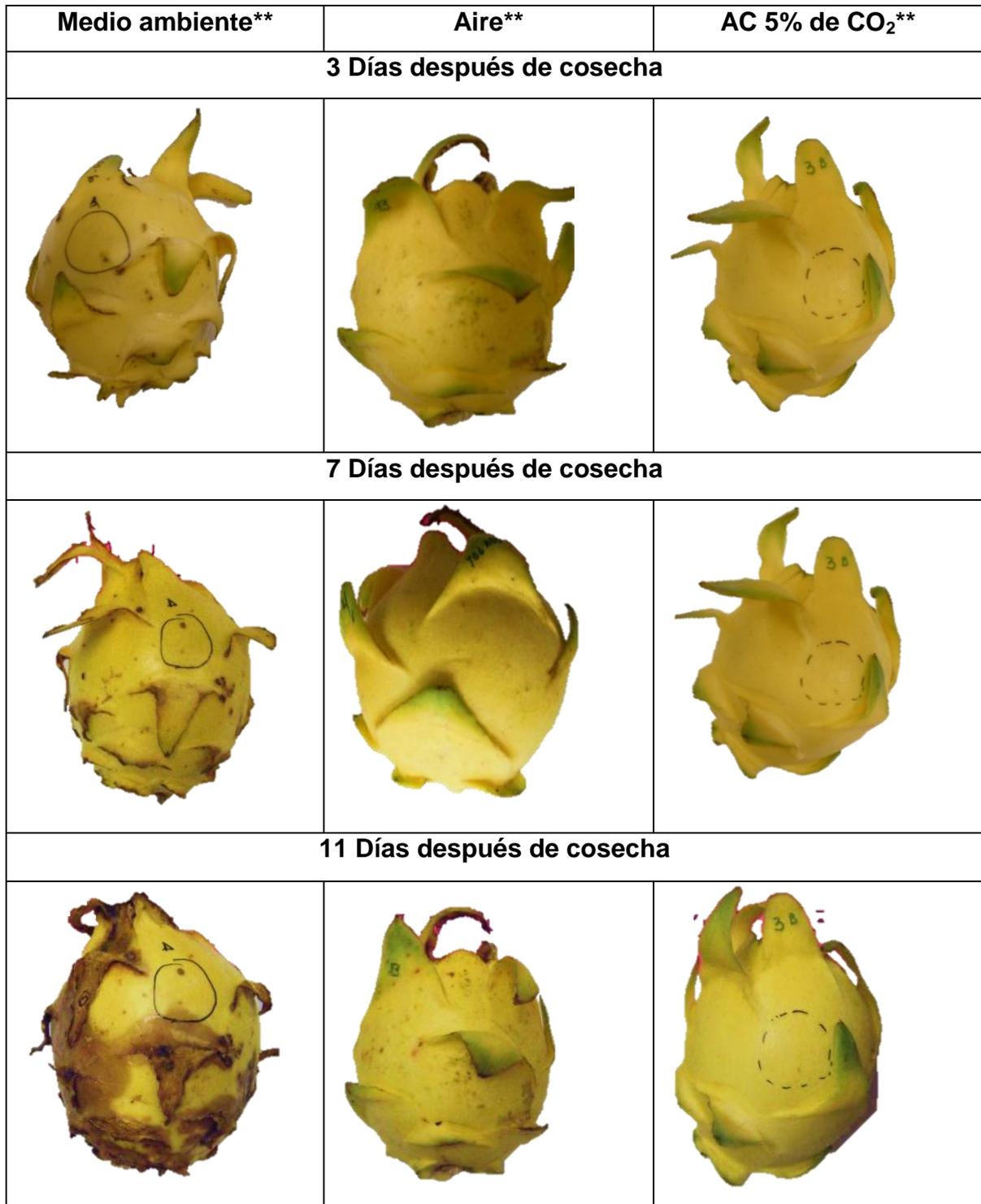


Figura 27. Efecto de los factores de CO<sub>2</sub> y aire la apariencia de las pitahayas "Tanith".

\*\* Mismo fruto a través del tiempo

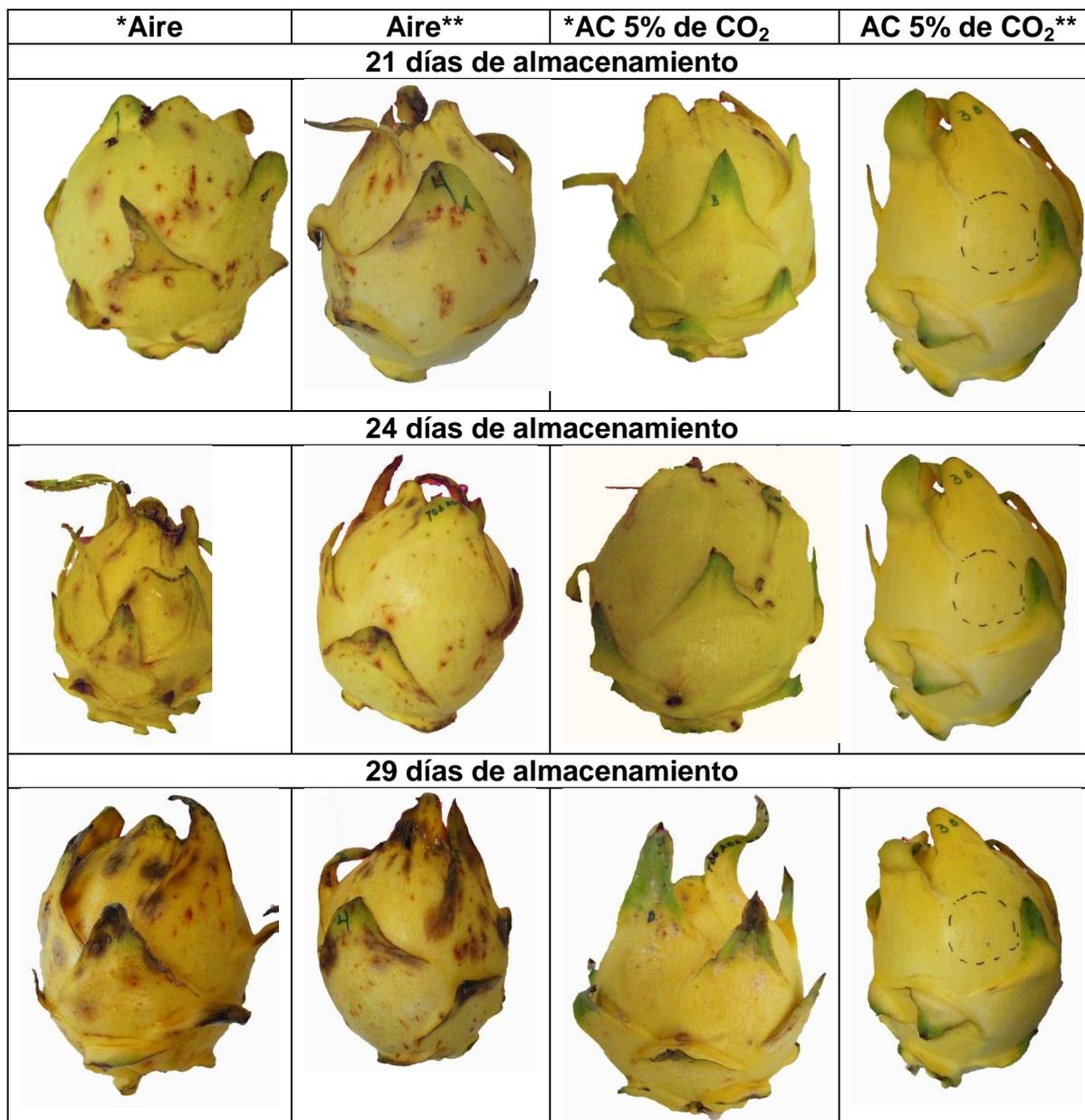


Figura 28. Efecto del los factores de CO<sub>2</sub> y aire en la apariencia de las pitahayas “Tanith”, en 3 periodos de almacenamiento.

\*Frutos medidos por única vez al terminar el almacenamiento en el periodo correspondiente.

\*\* Mismo fruto a través del tiempo

Como se observa en las Figuras 27 y 28, la apariencia de la selección “Tanith”, fue favorecida en almacenamiento con AC con 5% de CO<sub>2</sub>. Los que solo se almacenaron en aire, presentaron daños visibles, desde los 21 días de almacenamiento. El Cuadro 6, se presenta la evolución de daños en la apariencia de los frutos. De la misma forma, Rodriguez *et al* (2005), registraron daños en

pitahayas amarillas *Selenicereus megalanthus* Haw., en estado de madurez inicial a los 15 días de haber sido cosechadas.

Cuadro 6. % de daño causado en las frutas de pitahaya durante el almacenamiento

Atmósfera	Tiempo Ddc	% Secamiento de las brácteas	% Manchas blancas o cafés	% Puntos naranjas	% Daño en cascara
Aire 6°C	3	5	0	0	0
CO <sub>2</sub> 6°C	3	0	0	0	0
Medio Ambiente	3	5	0	0	0
Aire 6°C	5	6	0	0	0
CO <sub>2</sub> 6°C	5	0	0	0	0
Medio Ambiente	5	6	0	0	0
Aire 6°C	7	6	0	0	0
CO <sub>2</sub> 6°C	7	0	0	0	0
Medio Ambiente	7	15	0	0	0
Aire 6°C	9	6	0	0	0
CO <sub>2</sub> 6°C	9	1	0	0	0
Medio Ambiente	9	50	0	0	0
Aire 6°C	11	10	0	2	0
CO <sub>2</sub> 6°C	11	2	0	0	0
Medio Ambiente	11	100	0	0	0
Aire 6°C	13	10	0	3	0
CO <sub>2</sub> 6°C	13	2	0	0	0
Aire 6°C	15	10	0	3	0
CO <sub>2</sub> 6°C	15	2	0	0	0
Aire 6°C	17	13	0	8	0
CO <sub>2</sub> 6°C	17	2	0	0	0
Aire 6°C	19	15	0	9	0
CO <sub>2</sub> 6°C	19	3	0	0	0
Aire 6°C	21	20	2	10	0
Aire 6°C	21*	20	0	10	0
CO <sub>2</sub> 6°C	21	3	0	0	0
CO <sub>2</sub> 6°C	21*	2	0	0	0
Aire 6°C	23	25	0	11	0
CO <sub>2</sub> 6°C	23	4	0	0	0
Aire 6°C	25*	30	2	10	0
Aire 6°C	25	35	3	15	0
CO <sub>2</sub> 6°C	25*	4	0	0	0
CO <sub>2</sub> 6°C	25	3	0	0	0
Aire 6°C	27	50	5	15	0
CO <sub>2</sub> 6°C	27	5	0	0	0
Aire 6°C	29*	80	10	15	5
Aire 6°C	29	80	10	15	5
CO <sub>2</sub> 6°C	29*	5	0	0	0
CO <sub>2</sub> 6°C	29	6	0	0	0
CO <sub>2</sub> 6°C	31	6	0	0	0
Aire 6°C	32	80	12	17	0
CO <sub>2</sub> 6°C	33 ddc	6	0	0	0
Aire 6°C	34 ddc	83	13	18	10
CO <sub>2</sub> 6°C	35 ddc	6	0	0	0
Aire 6°C	35 ddc	85	14	19	10

\*Frutos almacenados y medidos por única vez y no a través del tiempo. Ddc= días después de cosecha.

Al extraer los frutos del almacenamiento se examinaron las manchas (puntos anaranjados, manchas blancas y cafés) en la cascara, la presencia de puntos anaranjados, se reportan como daño por frío en pitahayas amarillas de acuerdo con Rodríguez *et al.* (2005); lo anterior se comprobó al ser aisladas en un medio de cultivo y no daban origen a ningún hongo o bacteria; sin embargo las manchas blancas y cafés generaron *Fusarium sp.* y *Colletotrichum*, el primero fue reportado por los mismos autores en pitahayas almacenadas a 8°C, presentado los síntomas a partir del día 16 de almacenamiento, el segundo fue reportado por Osuna *et al.* (2011), en frutos demasiado maduros.

Además de la preservación de los frutos en almacenamiento, la vida de es también un aspecto importante. Una vez que los frutos de pitahaya son transferidos a medio ambiente, el daño, en el caso de los que ya lo presentan desde el almacenamiento se potencializa; en los que salen sin daño, dependiendo del tiempo que permanecieron almacenados, aparecen más rápidamente.

Se considera que el tratamiento de 29 días de almacenamiento con AC del 5% de CO<sub>2</sub>, es el tiempo óptimo para que los daños aparezcan entre el quinto y sexto día posterior al almacenamiento; después de 36 días de almacenamiento, los frutos presentan daños 3 días después.

El grado de madurez en que fueron cosechados los frutos de la selección Tanith es óptimo para almacenamiento y vida de anaquel después del almacenamiento. Las investigaciones realizadas por Nerd y Mizrahi (1999<sup>b</sup>); mencionan que en pitahayas amarillas del clon colombiano *S. Megalanthus*, en dos etapas distintas de madurez pueden llegar a permanecer almacenadas por 3 y 4 semanas a 10 °C conservando su firmeza y buena apariencia; sin embargo las pitahayas en un estado de madurez inicial presentan mayores problemas de infecciones por hongo. El tratamiento con CO<sub>2</sub>, previene este tipo de problemas durante el almacenamiento.

La selección “Rosa del Sureste”, presentó una menor adaptación a las bajas temperaturas (Figura 30), Nerd *et al.* (1999), señalaron que frutos de *Hylocereus undatus* (cáscara roja-pulpa blanca) y *Hylocereus polyrhizus* (cáscara roja-pulpa roja), almacenados a 6°C, presentaron daños por frío y perdieron rápidamente la calidad al ser transferidos a temperatura ambiente; el comportamiento de esta “Rosa del Sureste”, fue similar al perder su buena apariencia con más de 24 días de almacenamiento y comenzó a mostrar daños entre los 4 y 6 días posteriores. Los frutos almacenados hasta por 36 días tuvieron que ser destruidos al salir del almacenamiento, por el adelgazamiento de la cáscara y ataque de hongos. Únicamente durante la primera semana, fue que esta selección, se conservó mejor en almacenamiento que a medio ambiente (Figura 29).

En el Cuadro 7. Se muestra las modificaciones en apariencia que sufrió “Rosa del Sureste”, a través del tiempo de almacenamiento.

La selección “Andrea” (cáscara roja-pulpa blanca), solo fue almacenada por 36 días, pero tuvo mejor adaptación a la temperatura y al tratamiento con AC que la selección “Rosa del Sureste”.

Medio ambiente	Aire	AC 5% de CO <sub>2</sub>
<b>3 Días después de cosecha</b>		
		
<b>7 Días después de cosecha</b>		
		
<b>11 Días después de cosecha</b>		
		

Figura 29. Efecto de los factores de CO<sub>2</sub> y aire en la apariencia de pitahayas "Rosa del Sureste".  
 \*Frutos medidos por única vez al terminar el almacenamiento en el periodo correspondiente.  
 \*\* Mismo fruto a través del tiempo

*Aire	Aire**	*AC 5% de CO <sub>2</sub>	AC 5% de CO <sub>2</sub> **
<b>21 días de almacenamiento</b>			
			
<b>24 días de almacenamiento</b>			
			
<b>32 días de almacenamiento</b>			
			

Figura 30. Efecto de los factores de CO<sub>2</sub> y aire en la apariencia de pitahayas "Rosa del Sureste".  
 \*Frutos medidos por única vez al terminar el almacenamiento en el periodo correspondiente. \*\*  
 Mismo fruto a través del tiempo

Vazquez, (2006) señala que el prolongar los días de almacenamiento incrementa los daños por frío, aunque en las frutas almacenadas por menos tiempo estos daños son reducidos por los tratamientos de Metilciclopropano y películas plásticas, sin embargo se presentan modificaciones organolépticas y en algunos casos presencia de hongos debido a la humedad.

Cuadro 7. Porcentaje (%) de daño causado en las frutas de pitahaya “Rosa del Sureste” durante el almacenamiento

Atmósfera	Tiempo Ddc	% Secamiento de las brácteas	% Manchas blancas o cafés (hongos)	% Puntos naranjas	% Daño en cascara
Aire 6°C	3	5	0	0	0
CO <sub>2</sub> 6°C	3	0	0	0	0
Medio Ambiente	3	7	0	0	0
Aire 6°C	5	6	0	0	0
CO <sub>2</sub> 6°C	5	2	0	0	0
Medio Ambiente	5	9	0	0	0
Aire 6°C	7	7	0	0	0
CO <sub>2</sub> 6°C	7	4	0	0	0
Medio Ambiente	7	12	0	0	0
Aire 6°C	9	8	0	5	0
CO <sub>2</sub> 6°C	9	5	0	0	0
Medio Ambiente	9	15	0	0	0
Aire 6°C	11	8	0	10	0
CO <sub>2</sub> 6°C	11	5	0	0	0
Medio Ambiente	11	50	3	0	0
Aire 6°C	13	8	0	15	0
CO <sub>2</sub> 6°C	13	6	0	0	0
Aire 6°C	15	8	0	15	0
CO <sub>2</sub> 6°C	15	6	0	0	0
Aire 6°C	17	10	5	20	0
CO <sub>2</sub> 6°C	17	8	2	0	0
Aire 6°C	19	20	6	20	0
CO <sub>2</sub> 6°C	19	10	5	0	0
Aire 6°C	21	30	7	20	0
Aire 6°C	21	No se conto con este tratamiento			
CO <sub>2</sub> 6°C	21	10	5	0	0
CO <sub>2</sub> 6°C	21 *	8	1	0	0
Aire 6°C	23	30	8	20	0
CO <sub>2</sub> 6°C	24	20	10	0	0
Aire 6°C	25	50	15	25	0
Aire 6°C	25 *	50	15	25	0
CO <sub>2</sub> 6°C	25	10	5	0	0
CO <sub>2</sub> 6°C	25 *	15	6	1	0
Aire 6°C	27	60	20	25	3
CO <sub>2</sub> 6°C	27	25	12	0	0
Aire 6°C	29	70	23	25	5
CO <sub>2</sub> 6°C	29	30	13	0	2
CO <sub>2</sub> 6°C	31	40	13	0	3
CO <sub>2</sub> 6°C	33	42	13	0	4
CO <sub>2</sub> 6°C	35	43	14	0	5
Aire 6°C	35	80	25	30	5

\*Frutos almacenados y medidos por única vez y no a través del tiempo. Ddc= días después de cosecha.

#### 4.1.9 Intensidad respiratoria

La respiración registrada para frutos de pitahaya entre 1 y 2 días después de ser cosechada oscila entre los 30-40  $\text{mlCO}_2/\text{kg}/\text{hr}$ . Osuna *et al.* (2011), reportaron de 45-55  $\text{mgCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ hr}^{-1}$  para frutos de pitahaya en madurez completa, de 41-43 y 40-44  $\text{mgCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ hr}^{-1}$ , para madurez inicial y media. Los frutos de las selecciones estudiadas, mostraron los siguientes valores a temperatura ambiente y antes de ser almacenadas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Respiración inicial y en medio ambiente de frutos de pitahaya

Selección	A a la llegada al laboratorio $\text{mlCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ hr}^{-1}$	Condiciones de medio ambiente 6 días $\text{mlCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ hr}^{-1}$
“Tanith”	28.280	35.678
“Rosa del Sureste”	29.963	41.345
“Andrea”	30.180	*

\*No se conto con esta selección en medio ambiente

Durante el almacenamiento se dio seguimiento a la respiración de las tres selecciones; los resultados se muestran en la Figura 31. Para “Rosa del Sureste” y “Tanith” que fueron comparadas entre ellas por el número de repeticiones con que se conto.

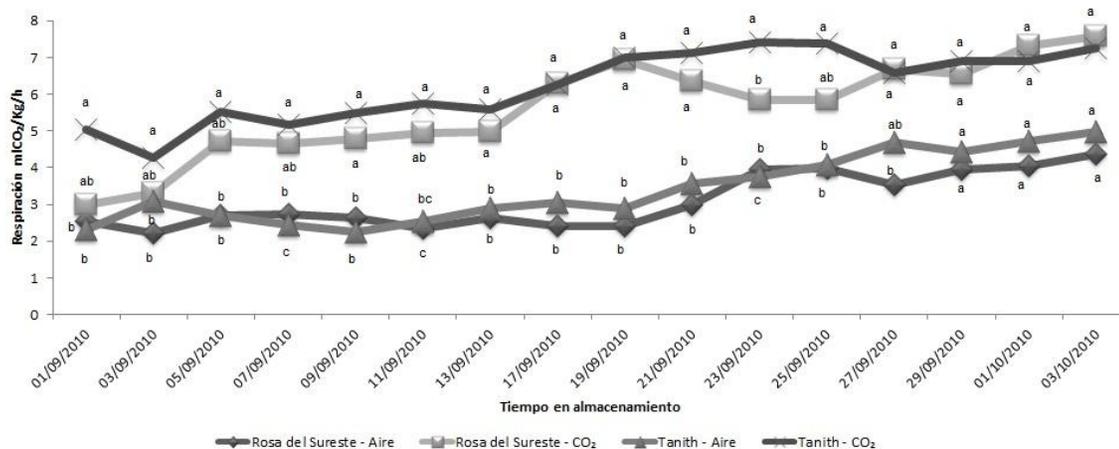


Figura 31. Efecto del los factores de CO<sub>2</sub> y aire en la respiración ( $\text{mlCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ hr}^{-1}$ ) de la selección “Rosa del Sureste” y “Tanith” durante el almacenamiento

Se observó que el aspecto refrigeración a bajas temperaturas disminuyó la actividad respiratoria; Corrales y Canché (2008), registraron niveles de respiración en pitahayas de 28 y hasta 40 mL CO<sub>2</sub>/kg h a 4 y 8 °C, estos valores son más altos que los mostrados en la Figura 30, esto puede deberse a que la AC tanto en aire como 5% de CO<sub>2</sub>, mantuvo un flujo continuo del gas a través del recipiente que contenía los frutos sin dejar que este se almacenara en los recipientes. De manera similar este fenómeno, ocurrió en frutos de litchi almacenados en AC, a 5°C generando valores de respiración de entre 1.3 -2.4 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, Valle *et al.* (2008). También se tienen registrados valores de respiración de 30 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para este mismo fruto por Rodríguez *et al.* (2005).

El comportamiento de respiración de las selecciones de pitahaya “Tanith” y “Rosa del Sureste”, muestran que en ambos tratamientos se reduce la actividad respiratoria comparándola con los valores de respiración de los frutos que permanecieron a medio ambiente.

En almacenamiento es evidente que los frutos tratados AC de 5% CO<sub>2</sub>, generan un efecto en los frutos de pitahaya, al no disminuir tanto la respiración como ocurre en los frutos con aire. El factor selección también presenta diferencias significativas, en cuanto a los niveles de respiración “Rosa del Sureste” incrementa hacia la mitad del periodo más largo en almacenamiento lo cual se atribuye a los daños por frío generados en la fruta, como al daño fúngico en los tratamientos con aire y conforme transcurría el tiempo también se incrementó en la AC de 5% CO<sub>2</sub>, Gomez *et al.* (2004) señalan que los frutos de “green celery” almacenados en aire incrementan la respiración probablemente por la relación con el desarrollo microbiano.

El incremento en la respiración es mencionado por Corrales y Canche (2008), quienes señalan que la sensibilidad al frío incrementa la respiración; “Tanith” en cambio presenta un ligero incremento en la respiración a mitad del periodo de almacenamiento no dista de las variaciones inherentes de los frutos;

de modo que al no identificarse un comportamiento climatérico suficientemente claro, se considera que las pitahayas son frutos no climatéricos, esto coincide con lo reportado por Osuna *et al.* (2011) quienes mencionan que la respiración no se ve influida por los estados de madurez de frutos de pitahaya, Nerd *et al.* (1999) también consideran que estos frutos presentan este comportamiento, habiendo obtenido resultados de 0.52 a 0.78 ml CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> en frutos almacenados por 6 días a 20°C.

El proceso de respiración se ve notablemente disminuido con forme inicial el tratamiento en refrigeración, aunque se tiene considerado que las AC con altas concentraciones de CO<sub>2</sub>, disminuye rápidamente la actividad respiratoria con niveles estables durante el almacenamiento. La selección Andrea (Figura 32), mostró un comportamiento similar a las otras selecciones, aunque con valores más altos de respiración, también se nota el efecto que tuvo la AC de 5% de CO<sub>2</sub>.

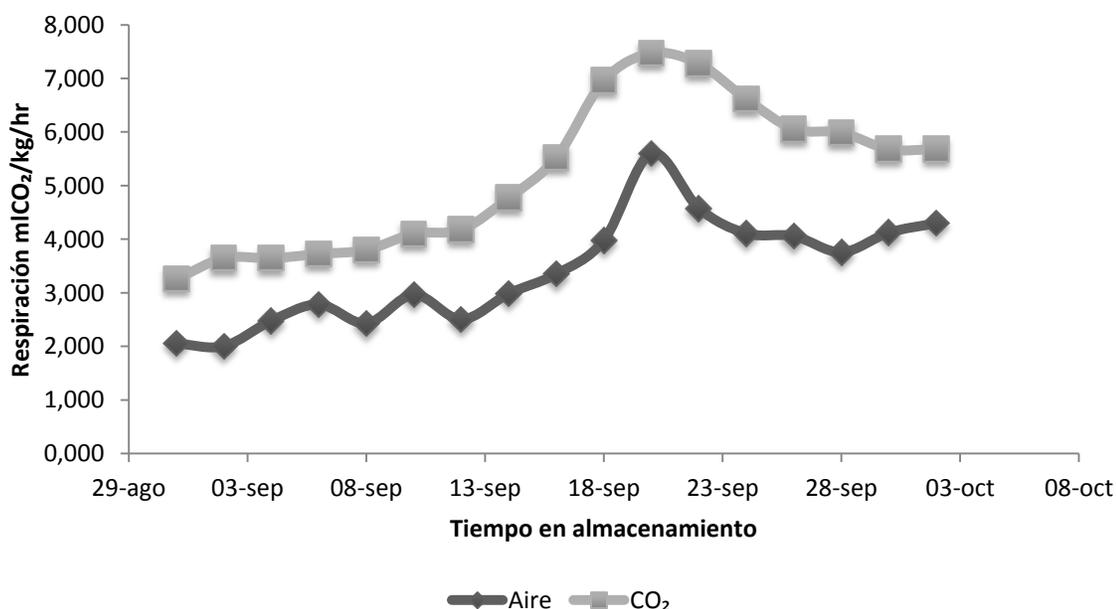


Figura 32. Efecto del los factores de CO<sub>2</sub> y aire en la respiración (mICO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> hr<sup>-1</sup>) de la selección "Andrea" durante el almacenamiento

Los valores de respiración obtenidos posteriormente al almacenamiento se presentan en el Cuadro 9. Se considera, que después del almacenamiento los

frutos de pitahaya que no presentaron daños mostraron un comportamiento de respiración normal, similar al de temperatura ambiente, incrementándose principalmente en los frutos que se mantuvieron a 6°C solo con aire.

Cuadro 9. Respiración posterior al almacenamiento en frutos de pitahaya

Selección	Periodo en almacenamiento	21 días	24 días	29 días
	Atmósfera	mICO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> hr <sup>-1</sup>		
"Tanith"	CO <sub>2</sub>	28.777	28.565	29.628
	Aire	36.185	32.130	35.778
"Rosa del Sureste"	CO <sub>2</sub>	28.548	29.099	*
	Aire	*	34.506	*

\*No hubo este tratamiento

#### 4.1.10 Pérdidas fisiológicas de peso

La pérdida de peso es un factor importante en la calidad de las frutas, el análisis de resultado de esta variable se realizó para cada una de las selecciones, y solo se presentó datos de pérdida de peso durante el almacenamiento a temperatura ambiente (Figura 33) y en refrigeración con las dos atmósferas.

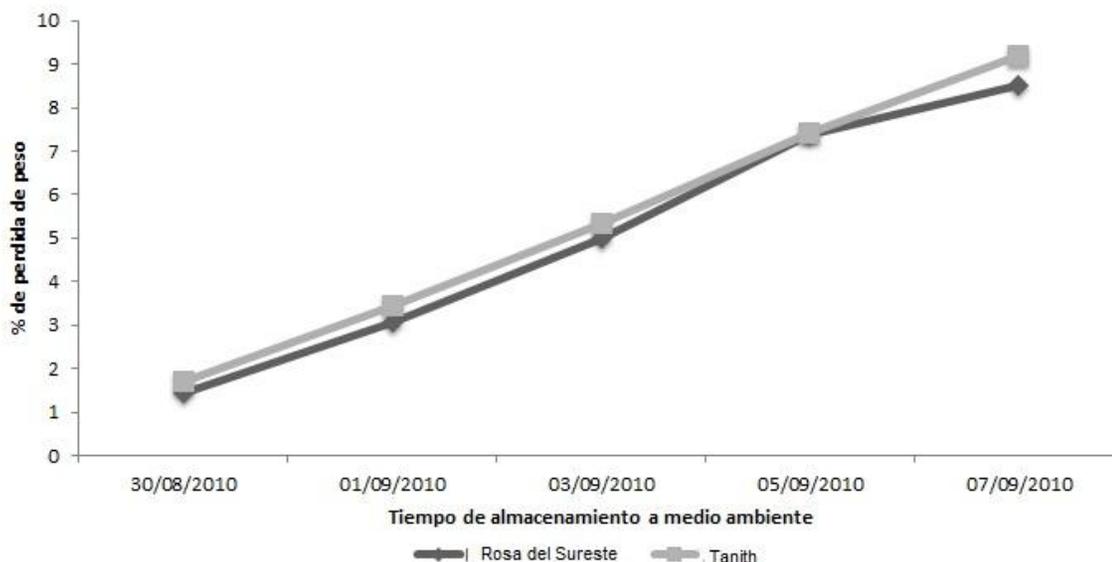


Figura 33. Pérdida de peso de la selección "Tanith" y "Rosa del Sureste" durante el almacenamiento en medio ambiente.

En la selección “Tanith” (figura 34), se aprecia que la refrigeración a 6°C favorece la disminución del porcentaje de pérdida de peso, el factor AC 5% de CO<sub>2</sub> presenta una ligera mejoría con respecto a los almacenados en aire, pero no llega a ser significativo, los resultados reflejan que conforme se prolonga el periodo de almacenamiento de los frutos, el porcentaje de pérdida de peso se incrementa notablemente en frutos de *Selenicereus megalanthus* Haw., fue de aproximadamente 3%, reportado por Rodriguez *et al* (2005), quien también menciona que este porcentaje se incrementa después de los 26 días de almacenamiento.

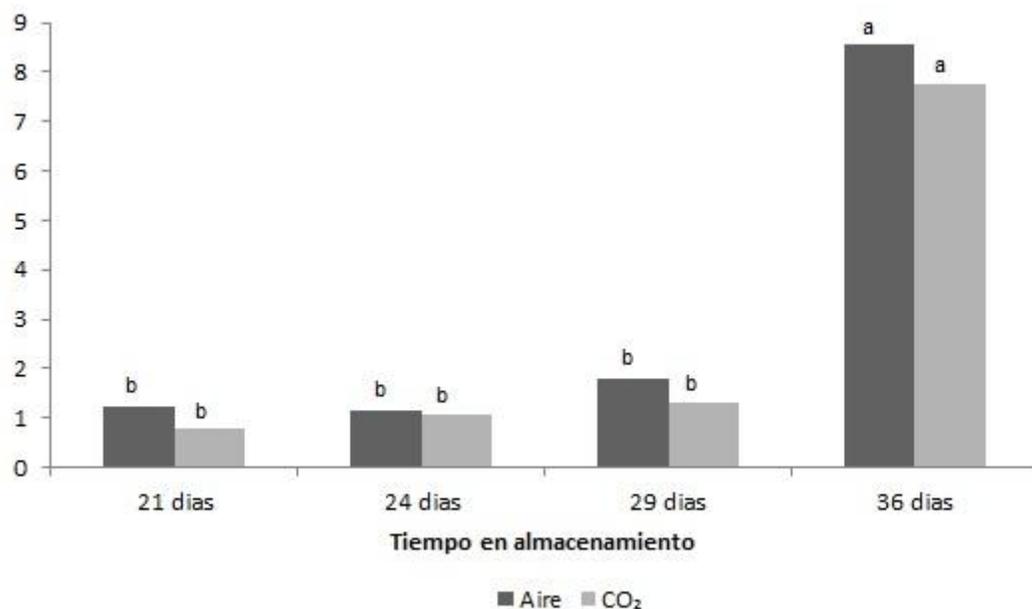


Figura 34. Efecto del los factores de CO<sub>2</sub> y aire en la pérdida de peso de la selección “Tanith” durante el almacenamiento.

Magaña *et al.* (2011), obtuvieron que en pitahayas de pulpa blanca y cáscara roja la pérdida de peso con aplicación de atmósferas controladas fue menor, los mismos autores recomiendan como el mejor resultado 21 días de almacenamiento con niveles de (5% de CO<sub>2</sub> y 5% de O<sub>2</sub>). La selección “Rosa del Sureste”, presentó una pérdida de peso menor en las primeras dos semanas de almacenamiento y mayor en el periodo más largo, en el cual las AC de 5% de CO<sub>2</sub>, ya no tuvieron ningún efecto sobre el fruto (Figura 35).

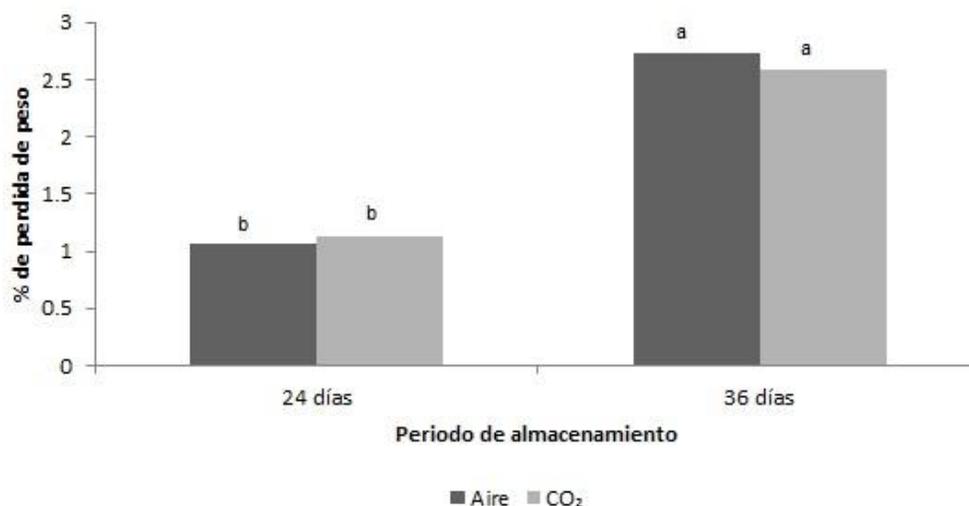


Figura 35. Efecto de los factores de CO<sub>2</sub> y aire en la pérdida de peso de la selección “Rosa del Sureste” durante el almacenamiento.

La pérdida de peso en las tres selecciones se muestra en la figura 36, observamos que “Tanith”, pierde más peso que las dos selecciones de cáscara Roja, aunque por ser la que tuvo frutos de mayor tamaño de las tres es comprensible este comportamiento.

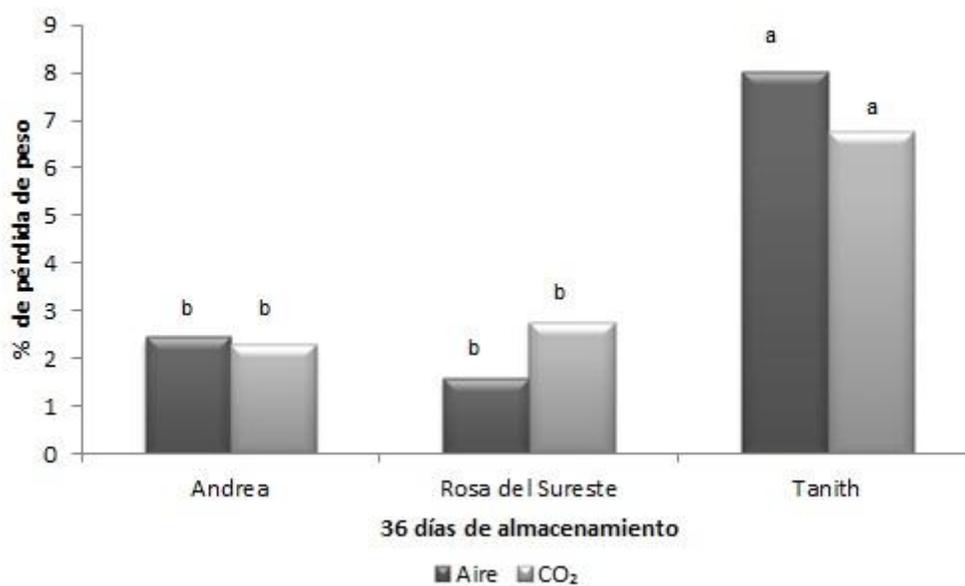


Figura 36. Efecto de los factores de CO<sub>2</sub> y aire en la pérdida de peso de tres selecciones de pitahaya.

## 5. CONCLUSIONES

- ✓ “Tanith” se adaptó favorablemente a la temperatura de  $6^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  de almacenamiento por 21, 24 y 29 días con el tratamiento adicional de 5% de  $\text{CO}_2$ , 18% de Oxígeno y 77 % de Nitrógeno, sino se usan estas concentraciones esta selección no puede ser almacenada a esta temperatura, por que presentarían daños por frío y posteriormente ataque de hongos.
- ✓ Las Atmósferas controladas, continúan siendo una alternativa de tratamiento físico que preserva la calidad de los frutos, resultando con parámetros de calidad en su mayoría positivos para la selección de pitahaya amarilla “Tanith” (*Hylocereus undatus*) cáscara amarilla y pulpa blanca.
- ✓ La selección “Rosa del Sureste” (*Hylocereus undatus*) cascara roja pulpa blanca, no se adaptó a la temperatura de almacenamiento de  $6^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , aunque el tratamiento físico de 5% de  $\text{CO}_2$ , 18% de Oxígeno y 77 % de Nitrógeno, reduce los daños por frío y favorece los parámetros de calidad de la fruta, esta solo puede preservarse por menos de 24 días de almacenamiento antes de que se hagan visibles los daños.
- ✓ “Rosa del Sureste” puede seguir siendo estudiada con una temperatura mayor a  $6^{\circ}\text{C}$  y adicionar una atmósfera controlada enriquecida con  $\text{CO}_2$ , en esta investigación se ha comprobado que favorece los parámetros de calidad en concentraciones del 5%.
- ✓ La selección “Andrea”, debe continuar estudiándose, aunque se adaptó a temperaturas de almacenamiento bajas  $6^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  con una atmósfera de 5% de  $\text{CO}_2$ , 18% de Oxígeno y 77 %, se necesitan probar periodos más cortos de almacenamiento.

## 6. LITERATURA CITADA

1. Alia-Tejacal, I. M.T. Colinas L. M.T. Martínez D. y M. R. Soto H. 2002. Factores fisiológicos, bioquímicos y de calidad en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H.E. Moore & Stearn) durante poscosecha. Revista Chapingo serie Horticultura. 8(2):263-281.
2. Alvarado P.A. C. A. Berdugo y G. Fisher. 2004. Efecto de un tratamiento de frío (a 1.5 °C) y la humedad relativa sobre las características físico-químicas de frutos de uchuva *physalis peruviana* L. durante el posterior transporte y almacenamiento. Agronomía Colombiana. 22(2):147-159
3. Andrade, J. L. E. Rengifo, M. Ricalde, J. L. Sima, C. J. Cervera, y G. Vargas. 2006. Microambientes de luz, crecimiento y fotosíntesis de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en un agroecosistema de Yucatán, México. Revista Agrociencia 40: 687-697.
4. Arguello, P.E. (1997). Períodos prolongados de sequía en pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth). Tesis Depto. Fitotecnia Universidad Autónoma Chapingo, México. 60 p.
5. Azis, A. A., J. Bakar, T. C. Ping, A. I. Russly and R. C. Karim. 2009. Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil. Food Chemistry 2(114):561-564
6. Barcenas, A. P., C. L. Tijerina, G. A. Martínez, G. A., R. E. Becerril, S. A. Larqué y T. Colinas. 2002. Respuesta de tres materiales del género *Hylocereus* a la salinidad sulfato clorhídrica. Terra 20:123-127
7. Balois. M. R., L. Colinas M.T. , V. Peña C. B., F. Chavez S.H. y Alia Tejacal I. 2008. Sistema enzimático antisenescencia, catalasa-superóxido dismutasa de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) almacenados con frío. Chapingo Serie Horticultura. 14(3):295-299.
8. Balois. M. R. 2006. Cambios bioquímicos- fisiológicos de lo frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en postcosecha con frío. Tesis Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. México. 84 p.
9. Banco Central de Ecuador 2012. Comercio exterior.  
[http://www.portal.bce.fin.ec/vto\\_bueno/seguridad/ComercioExteriorEst.jsp](http://www.portal.bce.fin.ec/vto_bueno/seguridad/ComercioExteriorEst.jsp)  
(consultado el 23 de febrero de 2012).

10. Ben-Asher, J., Mizrahi, Y. and Nobel, P.S. 2009. Transpiration, stem conductance and CO<sub>2</sub> exchange of *Hylocereus undatus* (a. pitahaya). Acta Hort. 811:375-382
11. Beers, G. 2003. Challenges for controlled atmosphere in the new economy. Acta Hort. 600:47-49
12. Bravo, H. 1978. Las cactáceas de México. Vol 1. Unam. México 743 p.
13. Brecha, J. K., K. V. Chau, S. C. Fonseca, R. A. R. Oliveira, F. M. Silva, M. C. N. Nunes and R.J. Blender. 2003. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. Postharvest Biology and Technology 27:87-101
14. Brito, P. D. M., L. P. Martins, A. B. Lima, S. M. Silva and J. A. Barbosa. 2009. Postharvest quality of cactus pear fruits stored under modified atmosphere and refrigeration. Acta hort. 811:167-172
15. Britton N., L. y J . N. Rose. 1937. The cactacea. Vol. I y II. Nueva York. EE.UU
16. Bower J.H., W. V. Biasi, E .J. Mitcham. (2003). Effect of ethylene in storage environment on quality of Bartlett pears. Postharvest Biology and Technology 28:417-423
17. Boonyariththongchai, P. and S. Kanlayanarat. 2003. Modified atmosphere and carbon dioxide shock treatment for prolonging storage life of 'rong-rien' rambutan fruits. Acta Hort. 600:823-828
18. Buenabad, C. E. 1995. Efecto de cuatro periodos de sequía en pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth). Tesis Depto. Fitotecnia Universidad Autónoma Chapingo, México. 61 p.
19. Castillo M. R., H Calix y C. A. Rodriguez. 1996. Guía Técnica para el cultivo de Pitahaya. Universidad de Quintana Roo, INIFAP y Universidad Autónoma Chapingo. Chetumal México. 158 p
20. Castillo, M. R.; M. M. Livera y G. G. Márquez. 2005. Caracterización morfológica y compatibilidad sexual de cinco genotipos de pitahaya (*Hylocereus undatus*). Agrociencia 39:183-194.
21. Cavalheiro J. A. Santos, S. Costa, A. Pirra y A. Silvestre. 2010. The influence of Controlled Atmosphere and Rootstock on the Quality of “Van” Sweet Cherry.

22. Chien P. J., S. Fuu and H. R. Ling. 2007. Quality assessment of low molecular weight chitosan coating on sliced red pitayas. *Journal of food engineering* 1 (79):736-740
23. Centurión Y. A., S. P., Solis; Báez Sañudo, R.; Mercado, S. E.; Saucedo, V. C.; Sauri, D. E. Manejo postcosecha y tratamientos cuarentenarios en la comercialización de pitahaya (*Hylocereus undatus*). Resúmenes de la XLV reunión anual de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical. Lima, Perú.
24. Centurión, Y. A, S. P. Solis, C. V. Saucedo, R. E. Sañudo y E. D. Sauri. 2008. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. *Fitotecnia Mexicana* (31):1-5.
25. Centurión, Y. A, S. P. Solis, E. M. Silva, R. E. Sañudo, C. V. Saucedo y E. D. Sauri. 2001. Manejo postcosecha de la pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Horticultura Mexicana* 8(3):202.
26. Centurión, Y. A, M. P. Vergara, S. P. Solis, E. M. Silva, R. E. Sañudo, C. V. Saucedo y E. D. Sauri. 2000. Crecimiento desarrollo y comercialización de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante la postcosecha. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*. 2(2):161-168.
27. Centurión, Y. A, S. P. Solis, E. M. Silva, R. E. Sañudo, C. V. Saucedo y E. D. Sauri. 1999. Variación de las principales características de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su maduración postcosecha. *Horticultura Mexicana* 17:12-19
28. Corrales G., J. y C. E. Canche. 2008. Physical and Physiological Changes in Low-Temperature-Stored Pitahaya Fruit (*Hylocereus undatus*). *Journal the Professional Association for Cactus Development*. (10):108-119.
29. Cos, P., T. De Bruyne, N. Hermans, S. Apers, D. V. Berghe y A.J. Vlietinck. (2004). Proanthocyanidins in health care: current and new trends. *Current Medicinal Chemistry*. 10:1345-1359.
30. Dangchama, S., J. Bowenb, I. B. Fergusonb and K. Saichol. 2008. Effect of temperature and low oxygen on pericarp hardening of mangosteen fruit stored at low temperature. *Postharvest Biology and Technology* 50:37–44.
31. Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric Method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28:350-356.

32. Esquivel P., F. C. Stintzing Y C. Reindhol. 2007. Pigment pattern and expression of colour in fruits from different *Hylocereus* sp. Genotypes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 1(8):451–457
33. Esquivel, P. 2004. Los frutos de las cactaceas y su potencial como materia prima. *Agronomía mesoamericana*. 2(15):215-219
34. Flores P. A. and D. S. Valencia. 2007. Local illegal trade reveals unknown diversity and involves a high species richness of wild vascular epiphytes. *Biological Conservation* 1(136):372 – 387
35. Flores, V. C. 2002. Producción y comercialización de pitaya (*Stenocereus* sp.) en México. Reporte de investigación del Centro de investigaciones económicas, sociales y tecnológicas de la agroindustria y la agricultura mundial. Chapingo, Estado de México.
36. Hanming R., L. Zhang and P. Y. Zuwei. 2009. Extraction and Characteristics of Seed Kernel Oil from White Pitaya. *Journal of Food Engineering*. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2009.02.016
37. Hewett, E.W. 2008. Maximizing quality of fresh produce: a challenge for postharvest education programs. *Acta Hort.* 804:31-38
38. Hoa T.T., C. J. Clark, B.C. Waddell, and A. B. Woolf. 2006. Postharvest quality of Dragon fruit (*Hylocereus undatus*) following disinfesting hot air treatments. *Postharvest Biology and Technology* 1(41):62-69.
39. Lyons, J. M. 1973. Chilling injury in plants. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 24:445-466.
40. Gómez F., A. Hernández y F. Artés. 2010. Controlled atmosphere effects on sugar content and respiratory activity of green celery. *Acta Hort.* 857:31-35
41. Graell, J. y A. Ortiz. 2003. Recomendaciones para el almacenamiento en atmósfera controladas. *Revista Horticultura*. 172: Octubre. 38-44
42. Magaña B., W., M. Balbín A., J. Corrales G., C. Saucedo V. y E. Sauri D. 2010. Frutas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) frigoconservadas a 4°C en atmósferas controladas. *Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 11(2): 143-147

43. Martínez G. J. 1993. Caracterización de tipos de pitahaya *Stenocereus griseus* Hawort en la mixteca. Tesis Depto. Fitotecnia Universidad Autónoma Chapingo. México. 98 p.
44. Martínez, M. N. 2003. Obtención de sustancias pécticas a partir de tallos y frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw.) y nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) cultivados in vitro. Tesis Colegio de Posgraduados Montecillo, Texcoco, Edo. de México.
45. Méndez, R. A. Durán, G. Dorantes L. Dzib, P. Simá, and R. Orellana. 2006 Floral demography and reproductive system of *Pterocereus gaumeri*, a rare columnar cactus endemic to Mexico. *Journal of Arid Environments*. 3(62):363-376
46. Mizrahi, Y., Nerd A., y Nobel P. S. 1997. Cacti as crops. *Horticulture Reviews*. 18:291-319
47. Nerd, A., F. Gutman and Y. Mizrahi. 1999. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). *Postharvest Biology and Technology*. 1(17):39-45
48. Nerd<sup>b</sup>, A., F. Gutman and Y. Mizrahi. 1999. The effect of ripening stage on fruit quality after storage of yellow pitaya. *Postharvest Biology and Technology*. 1(15):99-105
49. Nerd, A., Y. Sitrit, R. Avtar and Y. Mizrahi. 2002. High summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (*Hylocereus* spp.). *Scientia Horticulturae*, 1-4(96):343-350
50. Nobel P. S. and E. De la Barrera 2002. Nitrogen relations for net CO<sub>2</sub> uptake by the cultivated hemiepiphytic cactus, *Hylocereus undatus*. *Scientia Horticulturae* (96)281–292
51. Nobel P. S. and E. De la Barrera. 2004. CO<sub>2</sub> uptake by the cultivated hemiepiphytic cactus, *Hylocereus undatus*. *Association of applied biologists*. 144: 1-8
52. Nobel, P. S. and B. R. Zutta. 2007. Rock associations, root depth, and temperature tolerances for the “rock live-forever,” *Dudleya saxosa*, at three elevations in the north-western Sonoran Desert. *Journal of Arid Environments* 1(69):15–28.
53. Orea, C. D. P. and V. A. Medrano. 2007. Pitahaya (*Hylocereus undatus*) acclimatization: a pedagogical model. *Acta Hort*. 748: 195-198

54. Ortiz Hernández, Y. D. 2000. Hacia el conocimiento y conservación de la pitahaya (*Hylocereus spp*). Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, Oaxaca. 94 pp.
55. Ortiz H., Y; M. Livera M. y J. Tirado. 1994. El cultivo de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) y sus perspectivas en México. Memorias de la primera reunión internacional y segunda reunión nacional de frutales nativos e introducidos. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.
56. Ospina M. S. M. y J.R. Cartagena V. 2008. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de alimentos. Revista Lasallista de investigación. 5(2):112-123
57. Osuna E., T., A. Ibarra E., R. Muy D., J. Valdez T., R. Villareal M. y V. Hernández S. 2011 Calidad postcosecha de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw) cosechados en tres estados de madurez. Fitotecnia Mexicana 34(1):63-72
58. Phebe D., M. K. Chew, A. A. Suraini, O. M. Lai y O. A. Janna. 2009. Red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) fruit colour and betacyanin content depend on maturity. International Food Research Journal. 16:233-242.
59. Rodriguez R. D.A., M.P. Patiño G., D. Miranda L. G. Fisher, J.A. Galvis V. 2005. Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanythus* Haw.) Revista Facultad Nacional de Agronomía. 58(2):2837-2857.
60. Tucker, G.A. 1993. Inroduction, pp 1-55 *In: Biochemistry of fruit Ripening*. Seymour, G. B. Taylor, and Tucker, G. A. (eds) Ed. Chapman & Hall. London. Uk. 454 p.
61. Valle G. S., C. Alonso. A y Tejacal Alia. 2008. Atmósferas con bajo O<sub>2</sub> y alto CO<sub>2</sub> para la conservación de frutos de litchi. Fitotecnia Mexicana. 31(2):157-164.
62. Vázquez, H. M.V. 2007. Control del enfermedades fungosas en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus* L.) con Metiljasmonato. Proceedings of the interamerican society for tropical horticulture. 51(1):97-103
63. Vázquez, H. M.V. 2006. Técnicas alternativas para el control de enfermedades fungosas en frutos de Pitahaya (*Hylocereus undatus*). Tesis Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México. 114 pp.

64. Vázquez, H. M.V. 2003. Respuestas fisiológicas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) frigoconservadas en atmósferas controladas. Tesis de licenciatura Chapingo, México. 94 pp.
65. Vargas V. Y. A. Centurión, E. D. Sauri y C. J. Tamayo. 2005. Industrialización de la pitahaya (*Hylocereus undatus*): Una nueva forma de comercialización. Revista Mexicana de Agronegocios. Enero-junio, 498-509.
66. Wang, C.Y. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling injury. HortScience 17(2):173-186
67. Wills R., B. Mc Glasson, D. Graham and D. Joyce. 1998. Postharvest, An introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals. University of New South Wales. Press-Cab International. Sidney, Australia. 262 p.
68. Wybraniec, S. y Y. Mizrahi. (2004). Influence of pefluorinated carboxylic acids on ion-pair reversed-phase high-performance liquid chromatographic separation of betacyanins and 17 decarboxy-betacyanins. Journal of chromatography A. 1029:97-101.
69. Yahia, M. E. y R. Ariza F. 2001. Tratamientos físicos en poscosecha de frutas y hortalizas. Revista Horticultura Extra 1:80-88.
70. Yahia, M. E. 1995. La tecnología de las atmósferas modificadas y controladas. Horticultura internacional. 7:37-39.