



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE
LA AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: CALIDAD POSCOSECHA Y COMPONENTES
BIOACTIVOS DE PITAHAYA (*Hylocereus triangularis*) Y
GUAYABA (*Psidium guajava*) DEBIDO A ÍNDICES DE
MADUREZ Y TEMPERATURA DE CONSERVACIÓN**

AUTORES: BOLAÑOS PABÓN GABRIELA PAOLA

CALERO GUERRERO CRISTINA ALEXANDRA

DIRECTOR: ING. M.SC. SORIA NORMAN

CODIRECTOR: ING. PADILLA FLAVIO

SANGOLQUÍ

2015

CERTIFICADO

Ing. M.Sc.Soria, Norman

Ing. Padilla, Flavio

DIRECTOR**CODIRECTOR**

Certifican:

Que el trabajo titulado CALIDAD POSCOSECHA Y COMPONENTES BIOACTIVOS DE PITAHAYA (*Hylocereus triangularis*) Y GUAYABA (*Psidium guajava*) DEBIDO A ÍNDICES DE MADUREZ Y TEMPERATURA DE CONSERVACIÓN realizado por las señoritas Bolaños Pabón Gabriela Paola y Calero Guerrero Cristina Alexandra, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Debido al interés de su contenido recomiendan su publicación.

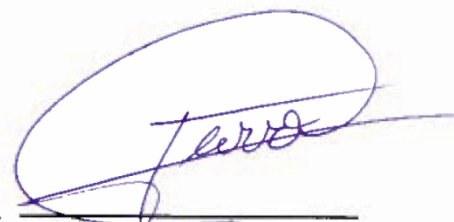
El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizamos a Bolaños Pabón Gabriela Paola y Calero Guerrero Cristina Alexandra que lo entreguen a la Ing. Martha Vargas, en su calidad de Directora de Carrera.

Sangolquí, mayo del 2015.



Ing. M.Sc. Soria, Norman

DIRECTOR



Ing. Padilla, Flavio

CODIRECTOR

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotras: BOLAÑOS PABÓN GABRIELA PAOLA


CALERO GUERRERO CRISTINA ALEXANDRA

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado, CALIDAD POSCOSECHA Y COMPONENTES BIOACTIVOS DE PITAHAYA (*Hylocereus triangularis*) Y GUAYABA (*Psidium guajava*) DEBIDO A ÍNDICES DE MADUREZ Y TEMPERATURA DE CONSERVACIÓN ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, mayo del 2015.


Bolaños P. Gabriela


Calero G. Cristina


AUTORIZACIÓN


Nosotras: BOLAÑOS PABÓN GABRIELA PAOLA

CALERO GUERRERO CRISTINA ALEXANDRA

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación en la Biblioteca virtual de la Institución del trabajo “CALIDAD POSCOSECHA Y COMPONENTES BIOACTIVOS DE PITAHAYA (*Hylocereus triangularis*) Y GUAYABA (*Psidium guajava*) DEBIDO A ÍNDICES DE MADUREZ Y TEMPERATURA DE CONSERVACIÓN”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, mayo del 2015


Bolaños P. Gabriela


Calero G. Cristina

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a las dos personas más importantes de mi vida; mi madre Geovanna Pabón y a mi abuelita Olga Ayala, quienes han sido un pilar muy importante en mi vida y mi inspiración para llegar a ser la persona que soy hasta el día de hoy.

A Dios por guiarme en cada paso de mi vida, y darme la fortaleza y fe para salir adelante.

A mi novio Alex por brindarme su amor y su apoyo incondicional durante todo este trayecto para alcanzar mi meta profesional.

A mi familia y amigos que me han brindado su cariño y ayuda durante mi vida.

Gabriela Paola Bolaños Pabón

DEDICATORIA

“El éxito parece estar conectado con la acción. La gente exitosa sigue moviéndose. Comete errores pero no renuncia” (Conrad Hilton)

A Dios:

Por darme la vida y ser mi mayor inspiración.

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

Con mucho amor a mis padres:

José Luis y Cecilia.

De quienes he recibido todo el apoyo y amor, con su ejemplo logré culminar una meta más en vida, siempre serán mi más grande orgullo.

De ahora en adelante lograré superar cada reto de la vida con esfuerzo, perseverancia y humildad.

Cristina Alexandra Calero Guerrero

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a la Dra. María Ángeles Chiriboga, por brindarnos su apoyo incondicional y por compartir sus conocimientos y experiencias; le agradecemos por la paciencia, comprensión y consejos durante el desarrollo de esta investigación.

A la Dra., Jenny Ruales, quien nos abrió las puertas del DECAB y nos brindó toda su confianza durante el desarrollo de esta investigación.

Al Ing. M.Sc. Norman A. Soria y al Ing. Flavio G. Padilla, por sus oportunos consejos, comentarios y sugerencias durante la realización del proyecto, además de los conocimientos impartidos durante toda la carrera.

A todo el personal del Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología (DECAB) de la Escuela Politécnica Nacional, por la colaboración prestada en los laboratorios y planta piloto.

A nuestras familias de quienes hemos recibido el apoyo incondicional durante toda la carrera, gracias por su comprensión y amor.

A nuestra facultad, por todos los momentos únicos y nuevas experiencias que no olvidaremos, por todas las enseñanzas, y amistades que nos permitió conocer.

Agradecemos también al programa “Proyecto de Iniciación Científica y Proyectos Integradores del Tercer Nivel”, de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE y el Proyecto PROMETEO de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT).

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos de la investigación	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
CAPITULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades.....	4
2.1.1 Pitahaya amarilla.....	4
2.1.1.1 Taxonomía	4
2.1.1.2 Origen	5
2.1.1.3 Morfología	5
2.1.2 Guayaba	6
2.1.2.1 Taxonomía	6

2.1.2.2	Origen	6
2.1.2.3	Morfología	7
2.2	Valor nutricional y componentes bioactivos.....	7
2.2.1	Vitaminas	8
2.2.2	Capacidad antioxidante.....	9
2.2.3	Polifenoles solubles totales	9
2.3	Factores precosecha que afectan la calidad de los frutos.....	10
2.3.1	Condiciones climáticas	10
2.3.2	Nutrición	11
2.3.3	Edad del árbol y posición del fruto	12
2.3.4	Prácticas culturales.....	12
2.4	Cosecha y poscosecha.....	13
2.4.1	Pitahaya.....	14
2.4.1.1	Cosecha.....	14
2.4.1.2	Índices de cosecha.....	14
2.4.1.3	Maduración	15
2.4.1.4	Cambios fisicoquímicos de la maduración	16
2.4.1.5	Conservación.....	17
2.4.2	Guayaba	18
2.4.2.1	Cosecha.....	18
2.4.2.2	Índices de cosecha.....	18
2.4.2.3	Maduración	19
2.4.2.4	Cambios fisicoquímicos de la maduración	20
2.4.2.5	Conservación.....	21
2.4.3	Tipos de conservación en la poscosecha.....	21

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS..... 23

3.1	Ubicación del lugar de la investigación	23
3.1.1	Ubicación política	23

3.1.2	Ubicación geográfica	23
3.1.3	Ubicación geológica.....	24
3.2	Materiales.....	24
3.2.1	Material vegetal	24
3.2.2	Equipos y materiales de campo.....	24
3.2.3	Equipos y materiales de laboratorio.....	25
3.3	Métodos.....	26
3.3.1	Métodos específicos del manejo del experimento	26
3.3.2	Diseño experimental	38
3.3.2.1	Factores	39
3.3.2.2	Tratamientos	40
3.3.2.3	Características de la unidad experimental.....	41
3.3.3	Variables a medir	41
3.3.4	Análisis estadístico.....	42
3.3.4.1	Esquema del análisis de varianza.....	43
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		44
CAPÍTULO V		
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		87
5.1	Conclusiones	87
5.2	Recomendaciones	89
5.3	Bibliografía	90

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	Factores a probar en la calidad físico-química y fisiológica; y componentes bioactivos en la pitahaya.	39
TABLA 2	Factores a probar en la calidad físico-química y fisiológica; y componentes bioactivos en la guayaba.	39
TABLA 3	Especificación de los tratamientos para pitahaya.....	40
TABLA 4	Especificación de los tratamientos para guayaba.....	41
TABLA 5	Esquema del análisis de varianza para la calidad físico-química en pitahaya y guayaba	43
TABLA 6	Esquema del análisis de varianza para los componentes bioactivos en pitahaya y guayaba.....	43
TABLA 7	Parámetros físico-químicos a la cosecha en pitahaya.	44
TABLA 8	Ánálisis de varianza para el % de pérdida de peso	45
TABLA 9	Ánálisis de varianza para la firmeza en pitahaya	47
TABLA 10	Ánálisis de varianza para el color en pitahaya	49
TABLA 11	Ánálisis de varianza para la respiración en pitahaya.....	50
TABLA 12	Ánálisis de varianza para los sólidos solubles en pitahaya	52
TABLA 13	Ánálisis de varianza para la acidez titulable en pitahaya	54
TABLA 14	Ánálisis de varianza para el índice de madurez en pitahaya.	55
TABLA 15	Vitamina C en pitahaya	57
TABLA 16	Ánálisis de varianza para la capacidad antioxidante en pitahaya.....	58
TABLA 17	Ánálisis de varianza para los polifenoles solubles totales en pitahaya .	59

TABLA 18 Correlación de la calidad físico-química y compuestos bioactivos a la cosecha en pitahaya.....	62
TABLA 19 Correlación de la calidad físico-química y compuestos bioactivos a los 11 días de conservación en pitahaya.....	63
TABLA 20 Parámetros físico-químicos a la cosecha en guayaba.....	64
TABLA 21 Análisis de varianza para el % de pérdida de peso en guayaba	66
TABLA 22 Análisis de varianza para la firmeza en guayaba	68
TABLA 23 Análisis de varianza para el color *a en guayaba.....	69
TABLA 24 Análisis de varianza para la respiración en guayaba.....	71
TABLA 25 Análisis de varianza para los sólidos solubles totales en guayaba	73
TABLA 26 Análisis de varianza para la acidez titulable en guayaba.	74
TABLA 27 Análisis de varianza para el índice de madurez en guayaba	75
TABLA 28 Análisis de varianza para vitamina C en guayaba.....	77
TABLA 29 Análisis de varianza para antioxidantes en guayaba	79
TABLA 30 Análisis de varianza para polifenoles en guayaba.....	80
TABLA 31 Análisis de varianza para beta carotenos en guayaba.....	82
TABLA 32 Correlación de la calidad físico-química y compuestos bioactivos a la cosecha en guayaba.....	84
TABLA 33 Correlación de la calidad físico-química y compuestos bioactivos a los 11 días de conservación en guayaba	86

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Tabla de color para la variedad Palora.	15
FIGURA 2	Plantación de pitahaya (izquierda), y plantación de guayaba (derecha).	26
FIGURA 3	Estado de madurez 4 (izquierda) y 5 (derecha) en pitahaya.....	27
FIGURA 4	Estado de madurez 2 (izquierda) y 4 (derecha) en guayaba.....	27
FIGURA 5	Corte de la fruta, remoción de espinas y desinfección en la pitahaya.	28
FIGURA 6	Desinfección de la guayaba.....	29
FIGURA 7	Almacenamiento en cámaras experimentales.....	29
FIGURA 8	Pie de rey para medir la longitud y calibre.....	30
FIGURA 9	Penetrómetro utilizado para medir la firmeza.	31
FIGURA 10	Colorímetro utilizado para medir el color.	31
FIGURA 11	Diagrama de Hunter.	32
FIGURA 12	Refractómetro utilizado para medir los sólidos solubles.....	33
FIGURA 13	Sistema cerrado para medición de respiración y analizador de gases.	34
FIGURA 14	Esquema del protocolo para determinación de vitamina C.....	35
FIGURA 15	Esquema del protocolo para la determinación de antioxidantes.	36
FIGURA 16	Esquema del protocolo para la determinación de polifenoles.	37
FIGURA 17	Esquema del protocolo para la determinación de β -carotenos.....	38
FIGURA 18	Pérdida de peso (%) en pitahaya	46
FIGURA 19	Firmeza (N) en pitahaya	48

FIGURA 20 Color (°Hue) a la cosecha en frutos de pitahaya).....	49
FIGURA 21 Color (°H) en pitahaya.	50
FIGURA 22 Tasa de respiración (mg CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹) en pitahya	51
FIGURA 23 Sólidos solubles (°Brix) en pitahaya).	53
FIGURA 24 Acidez titulable (% ácido málico en pitahaya.	54
FIGURA 25 Índice de madurez en pitahaya.	56
FIGURA 26 Capacidad antioxidante (μmol Trolox 100 g ⁻¹ PF) en pitahaya.	59
FIGURA 27 Polifenoles solubles totales (mg EAG 100 ⁻¹ g ⁻¹) en pitahaya.....	60
FIGURA 28 Tamaño y color de la guayaba a la cosecha.	65
FIGURA 29 Pérdida de peso (%) en guayaba.....	66
FIGURA 30 Firmeza (N) en guayaba	69
FIGURA 31 Color en guayaba.....	70
FIGURA 32 Color (a*) en guayaba	70
FIGURA 33 Tasa de respiración en guayaba.....	72
FIGURA 34 Sólidos solubles (°Brix) en guayaba	73
FIGURA 35 Acidez titulable (% ácido cítrico) en guayaba).	74
FIGURA 36 Índice de madurez en guayaba.	76
FIGURA 37 Vitamina C en guayaba	77
FIGURA 38 Capacidad antioxidante (μmol Trolox/ 100g) en guayaba.....	79
FIGURA 39 Polifenoles solubles totales (mg ácido gálico / 100g) en guayaba.....	81

FIGURA 40 β -carotenos (mg/100g PF) en guayaba..... 83

RESUMEN

El objetivo de esta tesis fue estudiar el efecto del estado de madurez y la temperatura de conservación sobre la calidad poscosecha y el contenido de compuestos bioactivos en pitahaya amarilla y en guayaba. Los frutos fueron cosechados en dos estados de madurez (4 y 5 en pitahaya y 2 y 4 en guayaba) y conservados a dos temperaturas (12 y 20 °C en pitahaya y 10 y 20 °C en guayaba) durante 0, 4, 7 y 11 días, fechas en las cuales se realizaron los distintos análisis. Se evaluaron parámetros estándar de madurez y calidad como peso, calibre, pérdida de peso, firmeza, color, tasa de respiración, sólidos solubles totales, acidez titulable e índice de madurez; así como la presencia de componentes bioactivos como vitamina C, capacidad antioxidante, polifenoles solubles totales y carotenos. La calidad poscosecha de la guayaba y pitahaya se ve influenciado por el estado de madurez y por la temperatura de conservación mientras que los componentes bioactivos estuvieron afectados principalmente por la madurez a la cosecha. En la pitahaya, los frutos en estado 4 mantienen una mejor calidad de consumo y además, presentan valores más altos de componentes bioactivos durante la conservación. En la guayaba, el estado 2 permite mantener una calidad aceptable para el consumo hasta máximo 11 días a 10 y 20 °C y en el estado 4, la conservación a baja temperatura puede retrasar la maduración y prolongar la vida útil y a la vez permite mantener niveles más altos de vitamina C y β -carotenos.

PALABRAS CLAVES:

- **POSCOSECHA**
- **PITAHAYA**
- **GUAYABA**
- **COMPONENTES BIOACTIVOS**
- **CALIDAD**

ABSTRACT

The aim of this thesis was to investigate how the harvest maturity and storage temperature affect the postharvest quality and bioactive compounds in yellow pitaya and guava. The fruits were harvested at two different stages of maturity (4 and 5 in the case of pitaya; 2 and 4 in the case of guava) and were stored in regular air at two different temperature (12 and 20 °C in the case of pitaya; 10 and 20 °C in the case of guava) during 0, 4, 7 and 11 days when the different analyses were made. The analyses included standard quality parameters as weight, size, weight loss, firmness, color, respiration rate, total soluble solids, titratable acidity and maturity as well as the presence of bioactive compounds such as vitamin C, antioxidant activity, total soluble polyphenols and β -carotene. The postharvest quality was influenced by the harvest maturity of the fruit and by the storage temperature whereas the bioactive compounds were mainly affected by harvest dates. In yellow pitaya, the fruit harvested at stage 4 of maturity maintains a better eating quality along with higher bioactive compounds during storage. The guava, harvested at stage 2 of ripeness, maintains an acceptable quality for consumption up to a maximum of 11 days at 10 and 20 °C and in stage 4, low temperature storage may limit ripening and extend storage life, but also allows to keep higher levels of vitamin C and β -carotene.

KEY WORDS:

- **POSTHARVEST**
- **PITAHAYA**
- **GUAVA**
- **BIOACTIVE COMPOUNDS**
- **QUALITY**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, la pitahaya (*Hylocereus triangularis*) hace parte de los sistemas de producción en la provincia de Morona Santiago, en particular del Cantón Palora. Según el Censo Agropecuario (INEC, 2010), el total de la superficie plantada con pitahaya fue de 166 ha en Morona Santiago. En cambio, la guayaba (*Psidium guajava* L.) se produce en las provincias de Tungurahua (Baños) y Pastaza (Mera y Santa Clara), con una superficie de 873 ha (INIAP, 2002), mientras que la provincia de Santa Elena cuenta con 18 ha de superficie cosechada de guayaba con variedades no nativas. (INEC, 2010).

Aunque el Ecuador tiene condiciones climáticas que favorecen la producción de frutales, ese potencial no se ha aprovechado de la mejor manera. Esto se debe a la limitada generación de tecnologías, la falta de organización, y la deficiencia del manejo poscosecha y de la cadena productiva (Medina & Mendoza, 2011). Muchos agricultores ecuatorianos manejan sus cultivos de forma tradicional con bajas productividades. Además, las actividades de cosecha y poscosecha recaen en personas con poca capacitación y conocimientos en el manejo de productos perecederos. Esto resulta en una disminución de la calidad y cantidad de productos. Por otro lado, muchas frutas no logran llegar a su destino con los atributos de calidad que las caracterizan debido a la falta de centros de acopio que permitan la comercialización de los productos en condiciones óptimas (INIAP, 2010)

Las frutas son productos agrícolas perecibles y sufren un proceso de deterioro rápido debido a los cambios fisiológicos que ocurren después de la cosecha, lo que ocasiona pérdidas de sus propiedades y afecta la calidad visual, organoléptica, y nutricional (Wills, McGlasson, & Joyce, 1998). En el caso de la pitahaya y la guayaba, estas frutas presentan una vida corta poscosecha ya que son susceptibles a desórdenes fisiológicos, daños mecánicos, y pudriciones (Chandran, 2010); (Singh & Pal, 2008). Esto hace que la fruta muchas veces no sea comerciable.

Las pérdidas en poscosecha y procesado llegan a un 40% en países en vías de desarrollo (Viñas, y otros, 2013). Para minimizar estas pérdidas se deben mejorar las técnicas de manejo poscosecha de las frutas y para esto, se debe utilizar tratamientos apropiados y tecnologías que ayudan a preservar su calidad y extender la vida comercial. El manejo durante la cosecha y poscosecha de la pitahaya y guayaba lleva a un sinnúmero de problemas de calidad que necesitan solucionarse (Hernández, 2012); (Laguado, Pérez, Alvarado, & Marin, 1999). Las frutas además de su delicioso sabor y aroma refrescante, poseen cantidades importantes de vitaminas (C y E), minerales, y compuestos bioactivos como polifenoles solubles totales, antocianinas, y carotenoides. Estos compuestos confieren actividad antioxidante a la fruta y se relacionan con beneficios para la salud humana. Se ha demostrado en estudios epidemiológicos la importancia de estos compuestos para la prevención de enfermedades del corazón, cáncer, diabetes, y derrame cerebral (Asensi-Fabado & Munné-Bosch, 2010); (Lister, Skinner, & Hunter, 2007); (Nichenametla, Tarusc, Bamey, & Exon, 2006); (Scalbert, Manach, Morand, Rémésy, & Jiménez, 2005); (Wang, Melnyk, Tsao, & Marcone, 2011).

La pitahaya roja es rica en beta-caroteno, licopeno, y vitamina E (Charoensiri, Kongkachuicha, Suknicom, & Sungpuag, 2009), mientras que la guayaba tiene alta capacidad antioxidante y alto contenido de ácido ascórbico (vitamina C) (Vasco, Ruales, & Kamal, 2008). Debido a la importancia nutricional y económica que tienen estas frutas, es vital determinar las técnicas adecuadas de manejo poscosecha durante la conservación y el transporte a fin de preservar y garantizar su calidad (Esquivel, Stintzing, & Carle, 2007); (Osuna, y otros, 2011).

Por lo tanto, es necesario investigar y conocer la fisiología poscosecha de estos frutos, que ayude a determinar las mejores prácticas de manejo para el mantenimiento de la calidad visual, organoléptica, y nutricional y traducir estos cambios en beneficios económicos y sociales; por lo que se justifica realizar el presente trabajo.

1.1 Objetivos de la investigación

1.1.1 Objetivo general

- Evaluar la calidad poscosecha y el contenido de compuestos bioactivos en frutos de pitahaya y guayaba cosechados en 2 fechas de recolección, 2 estados de madurez y conservados a $10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar si la fecha de cosecha tiene influencia sobre la calidad poscosecha durante la conservación y la vida útil.
- Determinar si el estado de madurez tiene influencia sobre la calidad y los compuestos bioactivos al momento de la cosecha, durante la conservación, y la vida útil.
- Evaluar si la T° de conservación afecta en la calidad poscosecha y en el contenido de compuestos bioactivos durante la conservación y la vida útil.
- Determinar si existe una correlación entre el contenido de compuestos bioactivos y los cambios de la calidad de la fruta.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades

El sector agrícola catalogado como primario dentro de la economía del Ecuador, posee una amplia diversidad en frutas, animales, vegetales, hortalizas, etc., lo que permite acceder a nuevos mercados en otros países como proveedor importante de materias primas, siendo el banano, cacao, plátano y flores, algunos de los productos que más acogida tiene en el mercado internacional, desafortunadamente estos productos no tienen ningún porcentaje de valor agregado (León & Ochoa , 2014), encontrándose en la situación de que el Ecuador provee la materia prima a diversos países para que luego importe productos manufacturados o industrializados basados en la materia prima previamente exportada, la cual ha colocado al Ecuador en una situación de intercambio desigual que afecta directamente a su economía.

Con esto el país ha buscado fortalecer el proceso de sustitución estratégica de importaciones, por lo que busca cambiar la matriz productiva y establecer medidas para reducir la dependencia excesiva del componente importado en la producción nacional, apoyando a las empresas con desarrollos de nuevas técnicas desempeñando un papel muy importante en los niveles de productividad y diversificación de los productos agrícolas.

2.1.1 Pitahaya amarilla

2.1.1.1 Taxonomía

La pitahaya pertenece a la familia Cactaceae y dentro de ésta, se han descrito de 1500 a 1800 especies en América (Russell & Felker, 1987); (Wallace & Gibson, 2002). En la actualidad, los géneros *Hylocereus spp.* Britt & Rose y *Selenicereus megalanthus* [(Schum.) Britt & Rose] son los que más se han distribuido a nivel mundial y se pueden encontrar en el mercado (Le Bellec, Vaillant, & Imbert, 2006)

Según el (ECORAE, 1992), la clasificación taxonómica de la pitahaya amarilla cultivada en Palora es:

Clase: Angiospermae
Subclase: Dicotyledoneae
Orden: Opuntiales
Familia: Cactaceae
Género: *Hylocereus*
Especie: *Triangularis*

La pitahaya es una fruta exótica (Le Bellec, Vaillant, & Imbert, 2006) conocida también con el nombre de “pitaya” que significa fruta escamosa (Betancourt, y otros, 2010).

2.1.1.2 Origen

Esta fruta es originaria de las regiones de los bosques tropicales de México, Centro y Sudamérica (Nerd, Mizrahi, & Nobel, 1997). De hecho, se señala que la pitahaya amarilla (*Hylocereus triangularis*) es originaria de Brasil y Uruguay (Pérez-Arbeláez, 1990), mientras que (Fouqué, 1972) añade que también es originaria de Colombia.

2.1.1.3 Morfología

La pitahaya es una planta cactácea perenne y epífita (Sotelo, Ortiz, & Rizo, 2005) que crece apoyándose en árboles, troncos secos y piedras de las cuales se sujeta por medio de sus raíces adventicias, llegando a una altura promedio de 4.7 a 6 m. Esta planta tiene 2 tipos de raíces: primarias y secundarias o adventicias. Las raíces primarias se encuentran en el suelo, profundizan de 5 a 25 cm y su área de expansión es de 30 cm de diámetro. Las raíces secundarias crecen fuera del suelo sin tocarlo y cumplen con la función de sostener la planta y absorber sustancias nutritivas y agua del ambiente (SAGARPA, 2014). El tallo es suculento, decumbente, y se lo denomina cladiolo ya que sustituyen a las hojas y ejerce la función fotosintética. El grosor varía de 4 a 10 cm y presenta de 3 a 5 aristas según la especie, sobre las cuales se encuentran las areolas (CORPOICA, 2013). Las flores son grandes, aterciopeladas y presentan un tubo basal curvo y ovario unilocular con

protuberancias pilosas y redondeadas. Tienen forma de embudo, la parte superior es ancha y de color blanco o rosado, mientras que la parte inferior es angosta y de color amarillo. Estas flores son hermafroditas y están conformadas por numerosos estambres en forma de espiral (ECORAE, 1992); (León J. , 2000). Alrededor de 6 semanas después de aparecido el botón, y durante una sola noche, ocurre la apertura floral, después de la cual se inicia el desarrollo del fruto (CORPEI, 2009). El fruto de la especie cultivada en Palora es una baya, con pulpa de consistencia mucilaginosa, de color blanco de 15 cm de largo y 10 cm de ancho. Cada fruto tiene numerosas semillas pequeñas de color negro brillante (ECORAE, 1992)

2.1.2 Guayaba

2.1.2.1 Taxonomía

Según (García M. , 2010), la clasificación taxonómica de la guayaba es:

Reino: Vegetal

División: Spermatophyta

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Dicotiledónea

Orden: Mirtales

Suborden: Myrtineae

Familia: Myrtaceae

Género: *Psidium*

Espécie: *guajava* L.

2.1.2.2 Origen

La guayaba es nativa de América tropical (Bogantes & Mora, 2010) y en la actualidad se extiende en zonas de clima caliente de México, Centroamérica y Sudamérica (García M. , 2010). También se distribuye en la cuenca amazónica.

2.1.2.3 Morfología

La guayaba es un arbusto de 3 a 10 m de altura, de tallo leñoso, con una corteza pardo rojiza, oscura, y lisa que se desprende en láminas muy delgadas (Yadaba, 1996). La raíz es pivotante y da origen a las raíces secundarias (García M. , 2010). En suelos profundos se desarrollan ramificaciones de raíces laterales que pueden alcanzar 4 m de longitud cuando el manto freático se encuentra debajo de los 4.5 m de profundidad (Manica, y otros, 2000). El tallo al inicio es herbáceo y presenta aristas que durante el crecimiento desaparecen y se vuelve leñoso (García M. , 2010). Además su forma es cilíndrica, es corto, y torcido (Avilan, Leal, & Bautista, 1989) Las ramas nacen de la yema vegetativa del par de hojas que se encuentran en cada nudo del tallo, al inicio son de color verde o rojo y al madurar son de color café (García M. , 2010). Las hojas son simples, opuestas, y presentan un color verde claro u oscuro. Su forma varía de ovaladas a elípticas u oblongas, y miden entre 4 a 8 cm de longitud. La cara inferior está formada por nervios prominentes y las nervaduras laterales tienen pubescencia de color blanco cuando son jóvenes y oscura cuando son viejas (Martínez, Molina, & Boucourt, 1997). Sus flores son bisexuales, axilares, solitarias o racimosas, poco pediceladas y fragantes (García M. , 2010). El fruto es una baya carnosa de forma y tamaño variable dependiendo de la variedad (Martínez, Molina, & Boucourt, 1997) pudiendo ser redondeado, globoso, ovoide o piriforme de corteza lisa o averrugada. Su color exterior es amarillo verdoso o amarillo claro en su madurez. La pulpa es jugosa de color blanco amarillento, rosado o rojo dependiendo de la variedad (Centro Agrícola de Quito, 1992); (Salukhe & Kaddam, 1995).

2.2 Valor nutricional y componentes bioactivos

Las frutas contienen componentes no-nutritivos con actividad biológica importante, llamados ‘compuestos bioactivos’, los cuales confieren actividad antioxidante y que están relacionados con beneficios para la salud en los humanos (Serrano, Díaz-Mula, & Valero, 2011). El consumo de frutas y verduras en la dieta humana ayuda a la prevención de enfermedades del corazón, cáncer, diabetes y derrame cerebral, éstos efectos benéficos se han atribuido a la presencia de compuestos antioxidantes como vitaminas, polifenoles solubles totales, y carotenoides (Asensi-Fabado & Munné-Bosch, 2010); (Lister, Skinner, & Hunter,

2007); (Nichenametla, Tarusc, Bamey, & Exon, 2006); (Scalbert, Manach, Morand, Rémésy, & Jiménez, 2005); (Wang, Melnyk, Tsao, & Marcone, 2011).

2.2.1 Vitaminas

Las vitaminas son nutrientes indispensables en el cuerpo humano para diversas funciones bioquímicas y fisiológicas. Se ha demostrado que los tocoferoles (vitamina E), los carotenoides (pro-vitamina A), y el ácido ascórbico (vitamina C) son las principales vitaminas presentes en frutas y verduras que confieren actividad antioxidante (Serrano, Díaz-Mula, & Valero, 2011). Estudios recientes indican que la vitamina D también podría tener un papel importante para mejorar el sistema inmune del cuerpo y en la prevención de muchas enfermedades como el raquitismo (Asensi-Fabado & Munné-Bosch, 2010).

La pitahaya roja es rica en beta-caroteno, licopeno, y vitaminas C y E (Charoensiri, Kongkachuicha, Suknicom, & Sungpuag, 2009); mientras que en otras especies del género *Hylocereus* los contenidos de vitamina C son bajos con valores de 11 mg L⁻¹ (Le Bellec, Vaillant, & Imbert, 2006). Según (Castillo, 2006), la vitamina A también está presente en los frutos de pitahaya. También se pueden encontrar minerales como el K, Ca, y Mg (Stintzing, Schieber, & Carle, 2003); (Vaillant, Pérez, Davila, Dornier, & Reynes, 2005).

La guayaba es una buena fuente de vitamina C ya que tiene 2 – 3 veces más contenido que la naranja con valores entre 486 a 871 mg 100 g⁻¹ de fruta fresca dependiendo de la variedad (Salazar, y otros, 2006); (Vasco, Ruales, & Kamal, 2008). También contiene pequeñas cantidades de ácidos orgánicos como el cítrico y el málico que favorecen la absorción de dicha vitamina, y que le otorgan su típico sabor amargo. Además, también contiene vitamina A (Ramírez & Pacheco, 2010).

Los carotenoides son pigmentos naturales responsables del color amarillo de la piel de la guayaba (Marquina, Araujo, Ruiz, & Ródriguez-Malaver, 2008). En este fruto se han identificado como carotenoides mayoritarios al fitoflueno, el β -caroteno, y el licopeno, con una concentración de 2.0 $\mu\text{g g}^{-1}$; 2.10 $\mu\text{g g}^{-1}$ y 44.10 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente, considerándose entonces a la guayaba como fuente importante de

licopeno (Ventosa, Rodríguez, & Zerqueira, 2008). Los carotenoides y en especial el β -caroteno juegan un importante rol como precursores de la vitamina A.

La guayaba también contiene P, Ca, y Fe y constituye una buena fuente de fibra dietética por tener más de 8% de fibra (Ramírez & Pacheco, 2010).

2.2.2 Capacidad antioxidante

Los alimentos difieren en su poder antioxidante y por lo tanto, en su eventual capacidad para disminuir los riesgos de las enfermedades crónicas no transmisibles. Sin embargo, al ser demostrada la relación que existe entre el consumo de frutas que contienen compuestos bioactivos y este tipo de enfermedades, se han propuesto modelos alimentarios que privilegian su capacidad antioxidante. En la última década, se ha demostrado que la pitahaya contiene una alta capacidad antioxidante (Esquivel, Stintzing, & Carle, 2007); (Kim, y otros, 2011); (Nurliyana, Syed-Zahir, Mustapha, Aisyah, & Kamarul, 2010); (Wu, y otros, 2006) y se ha relacionado a la presencia de betalaínas que son los pigmentos que se encuentran en los cactus *Hylocereus*, considerados como potentes antioxidantes (Cai, Sun, & Corke, 2003)

En la guayaba también se ha encontrado una alta capacidad antioxidante comparable con frutos como la mora, tanto en la piel como en la pulpa, habiendo una mayor actividad antioxidante en la piel (Vasco, Ruales, & Kamal, 2008).

2.2.3 Polifenoles solubles totales

Los polifenoles son metabolitos secundarios naturales que exhiben una muy amplia gama de funciones fisiológicas en plantas, incluyendo la pigmentación, el crecimiento y la resistencia a los patógenos (Daayf & Lattancio, 2008).

Se ha demostrado que tanto la pulpa y la cáscara de la pitahaya son ricas en polifenoles (Wu, y otros, 2006). (Kim, y otros, 2011) por su parte, encontró que en pitahaya roja y blanca, el contenido de polifenoles totales y de flavonoides totales fue mayor en la piel que en la pulpa y que la piel inhibe el crecimiento de las células del melanoma. Además se encontró una correlación directa entre el contenido de estos compuestos con la capacidad antioxidante.

En cambio, la guayaba se destaca por su contenido alto de compuestos antioxidantes como polifenoles totales, carotenoides y ácido ascórbico (Ramírez & Pacheco, 2010). Su capacidad antioxidante se incrementa con el contenido de polifenoles totales en la piel y en la pulpa (Marquina, Araujo, Ruiz, & Rodríguez-Malaver, 2008). En un estudio realizado en guayaba rosada, los polifenoles fueron mayores en las hojas tiernas que en el fruto (Odoñez, León, Reátegui, & Sandoval, 2012).

2.3 Factores precosecha que afectan la calidad de los frutos

La influencia de los factores precosecha en la calidad de frutas es poco estudiada (Kader, 1992). Para obtener una máxima calidad poscosecha se debe conocer y entender los papeles que los factores precosecha desempeñan en la calidad de las frutas. Los factores precosecha que afectan la calidad de los frutos y su potencial de conservación pueden ser bióticos, abióticos o la interacción de ambos, y a menudo interactúan en formas complejas que dependen de las características del fruto y de la sensibilidad de la etapa de su desarrollo o crecimiento en que se encuentre (Herrero & Guardia, 1992).

2.3.1 Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas, especialmente la T° y la insolación afectan de manera determinante en distintos atributos de la calidad de las frutas (Viñas, y otros, 2013). En las frutas los días cálidos con noches frescas durante el crecimiento de la planta, son necesarios para que en la madurez se desarrolle con plenitud el color del fruto (Pantastico, 1979)

El viento puede ocasionar raspaduras en las frutas, vientos con poca velocidad producen cicatrices cuando los frutos se frotran contra ramas o espinas (Smooth, Houck, & Johnson, 1971).

La pitahaya requiere de temperaturas entre 18 a 26 °C y una intensidad de luz moderada a alta para un desarrollo adecuado, sin embargo no se conoce con certeza el efecto de estas condiciones sobre la calidad poscosecha del fruto (Hernández, 2012).

En la guayaba, se ha visto que una T° baja durante las últimas etapas de desarrollo da lugar a frutos con un mayor contenido de componentes químicos y de mejor calidad (Rathore, 1976).

2.3.2 Nutrición

La nutricional mineral de la planta afecta de manera directa la composición del fruto, influyendo en su calidad en el momento de la cosecha, como también en su potencial de conservación y su vida útil. Las deficiencias, excesos, o desequilibrios de nutrientes como el N, P, y K afectan al crecimiento y estado fisiológico de los frutos pudiendo generar desórdenes fisiológicos (Kader, 1992).

El N tiene efecto sobre la calidad de la fruta, siendo negativo cuando se encuentra en concentraciones excesivas. La fertilización con altos niveles de N en guayaba hace que los frutos maduren rápido y por tanto, reduce el potencial de conservación de los frutos (Contanceau, 1965)

Respecto al K y al P, niveles adecuados en frutos son positivos al aumentar el contenido de ácidos y azúcares (Viñas, y otros, 2013). Según estudios realizados con diferentes dosis de K en guayaba se observó que a mayor concentración de este elemento se obtuvieron valores más altos de sólidos solubles, acidez titulable, y vitamina C, y que la aplicación de N sin ninguna adición de K produjo frutos con bajo contenido de sólidos solubles (Mitra, 1987). En el caso del P se ha observado que interviene en la formación de semillas y acelera la maduración en frutos de guayaba (Centro Agrícola de Quito, 1992). Sin embargo, estos estudios no son concluyentes, puesto que (López & Guido, 1998) observaron que la aplicación en precosecha de N (50% a la siembra y 50% después de 4 meses), P, K (100% a la siembra) y algunos micronutrientes en pitahaya no presentan efectos significativos en la acumulación de sólidos solubles.

El Ca está involucrado con la capacidad de conservación y en algunos casos, se ha reportado que mejora la firmeza de las frutas y se reduce la incidencia y severidad de desórdenes fisiológicos durante y después del almacenamiento (Ferguson, Volz, & Woolf, 1999).

La fertilización elevada de K, Mg y Zn influye en el tamaño, peso y contenido de ácido ascórbico en los frutos, mientras que con dosis altas de N y P estos efectos disminuyen (Labanauskas, Jones, & Emblenton, 1963); (Reuther & Smith, 1952).

En pitahaya roja se ha observado que aplicaciones de CaCl redujeron la severidad causada por la antracnosis y la pudrición marrón. El tratamiento mejoró la firmeza aunque los sólidos solubles y la acidez titulable no se vieron afectada por el tratamiento (Ghani, Yahya, & Kamaruzaman, 2011). En guayaba también se ha visto un efecto positivo, pues aplicaciones con Ca 15 d antes de la cosecha mejora la firmeza, los sólidos solubles, y el ácido ascórbico hasta por 2 d más a 20 °C después de 30 d de conservación en frío.

La aplicación de S también se ha relacionado con la formación de vitaminas, del aroma y el sabor de la guayaba luego de la cosecha, por lo cual puede afectar su calidad (Centro Agrícola de Quito, 1992).

2.3.3 Edad del árbol y posición del fruto

La calidad de los frutos puede verse afectada por la posición que éstos ocupan en el árbol (Viñas, y otros, 2013), sin embargo, en el caso de la pitahaya no se dispone de literatura que señalen este efecto. En la guayaba, se ha demostrado en árboles de distintas edades, que frutos situados en posiciones más altas mostraron un mayor contenido de sólidos solubles que aquellos ubicados en la parte media y baja, sin embargo en estos últimos, el contenido de vitamina C fue mayor (Asrey, Pal, Sagar, & Patel, 2007).

2.3.4 Prácticas culturales

Las variaciones en la densidad de siembra afecta notablemente la calidad del fruto, entre más densa se encuentre una plantación, los frutos serán menos dulces (Pantastico, 1979).

La poda es una práctica que se realiza para lograr un balance entre hojas, ramas y producción, obteniendo frutos de tamaño regular con óptima calidad para la conservación. Una poda muy drástica revierte los efectos deseados, generando un mayor crecimiento vegetativo que productivo (frutos). La planta de guayabo requiere de podas que induzcan la formación de una copa central abierta, con esto facilita la

cosecha, reduce problemas fitosanitarios, y mejora la producción y calidad de los frutos (Fouqué, 1979); (Gonzales, 1980); (Pereira, 1990).

Otras prácticas como el tutorado también pueden afectar a la calidad de los frutos. En pitahaya se ha observado que utilizar postes como tutores aumenta el peso del fruto en un 24%, y al utilizar tutores en T y postes el contenido de °Brix aumenta en un 7% en comparación con el sistema de tutorado en V (Martini, Ridzwan, Mahmud, Syed, & Zainuddin, 2008).

2.4 Cosecha y poscosecha

Las frutas y hortalizas son importantes en la economía de los países, por lo que un manejo adecuado durante la cosecha y poscosecha influye directamente en su economía. La magnitud de las pérdidas poscosecha de los productos hortofrutícolas están estimadas en un 5 a 25% en países desarrollados y un 20 a 50% en países en vías de desarrollo (Kader, 1992). La pérdida del valor de un producto asociado al mal manejo y deterioro de la calidad durante el manejo poscosecha, almacenamiento y distribución, ocasiona grandes pérdidas económicas que afectan a toda la cadena productiva incluyendo los consumidores, es por esto que el manejo adecuado que mantenga la calidad de las frutas y hortalizas es un aspecto fundamental para la generación de oportunidades de mercado (Gordón, 2010). Las frutas al ser productos perecibles sufren un proceso de deterioro rápido como consecuencia de los cambios fisiológicos (Wills, McGlasson, & Joyce, 1998). En el caso de la pitahaya y la guayaba, estas presentan una vida corta poscosecha ya que son susceptibles a desórdenes fisiológicos, daños mecánicos, y pudriciones (Chandran, 2010); (Singh & Pal, 2008).

La temperatura es el factor más importante en el manejo poscosecha debido a que tiende a controlar el comportamiento fisiológico de los productos perecederos. Durante el almacenamiento y transporte a temperaturas muy bajas, el daño por frío es la principal fisiopatía causante de grandes pérdidas económicas (Pantastico, 1979). Así mismo la HR es otro factor importante en la conservación de las frutas; ya que su manejo puede influir positiva o negativamente en la calidad de las mismas, un descenso de la HR produce pérdida de agua lo que afecta a su calidad (peso,

aparición, textura) originando arrugamiento superficial, flacidez y disminución del brillo (Flores, 2009)

2.4.1 Pitahaya

2.4.1.1 Cosecha

La cosecha inicia a los 18 meses después del establecimiento del cultivo. Se realiza de forma manual y primero se debe remover con un cepillo las espinas del fruto y luego realizar el corte con unas tijeras de podar con una incisión en forma de V. Los frutos se colocan en canastas plásticas con una capacidad máxima de 5 kg (Centro Agrícola de Quito, 1992)

Generalmente se cosecha a la pitahaya en estado de madurez 3 y 4 de acuerdo a la escala de color de la norma técnica colombiana NTC 3554, correspondiendo al 50% y 75% de coloración amarilla en la cáscara, la misma que no debe presentar ningún daño mecánico, biológico o alteración en el color (ICONTEC, 1996).

2.4.1.2 Índices de cosecha

Los índices de recolección son criterios objetivos que indican la calidad, el estado de madurez, o el momento óptimo de recolección, los cuales indican el valor de un determinado parámetro relacionado con una característica del fruto (Viñas, y otros, 2013). Las frutas que han sido cosechadas inmaduras son de mala calidad y maduran de forma irregular, por el contrario el retraso en la cosecha aumenta la susceptibilidad a la pudrición lo que disminuye el valor de la fruta en el mercado (Pantastico, 1979)

La pitahaya, al ser una fruta no climatérica, no experimenta un incremento en la tasa de respiración una vez cosechada, por lo que debe adquirir las características de consumo mientras permanece unida a la planta. El fruto debe ser recolectado en el momento apropiado de madurez fisiológica. Si se cosecha inmaduro, no alcanzará el desarrollo pleno de sus características organolépticas y tendrá poco color y sabor. Por el contrario, si la fruta se recoge demasiado madura, la vida útil en la poscosecha será corta (Tonetto de Freitas S. M., 2013).

Los índices de madurez de uso común utilizados en pitahaya son los días después de la floración y la intensidad del color (Tonetto de Freitas S. M., 2013). Los días después de plena floración (ddf) corresponden a los días transcurridos desde que la mayoría de las flores están abiertas y se da la antesis (Viñas, y otros, 2013). Los ddf para la pitahaya son de 27 a 33 d, dependiendo del cultivar y del área de producción (Le, Ngu, Duc, & Huong, 2002); (Nerd, Gutman, & Mizrahi, 1999). Los índices de recolección en algunos casos también son índices de calidad (Viñas, y otros, 2013). Los frutos de pitahaya deben cumplir con los siguientes aspectos: estar bien formados, tener brácteas firmes, carnosas y verdes, pulpa firme y un índice de madurez de 40.

El índice de cosecha más utilizado en la pitahaya es el cambio de color de la fruta y se mide con cartas de color específicas para cada fruto y variedad. Para la pitahaya amarilla proveniente de la especie *Selenicereus megalanthus* o *Cereus triangularis* se establece como requerimiento que los frutos deben ser recolectados en los grados de color 3 (50% de color amarillo) y 4 (75% de color amarillo) de acuerdo a la carta de color establecida en la Norma Técnica Colombiana NTC 3554.

En Palora, la fruta se cosecha en grado de madurez 5 para el mercado nacional y en grado 3 a 5 para enviar la fruta al mercado internacional, dependiendo el destino. (Figura 1). (A. Procel, comunicación personal).

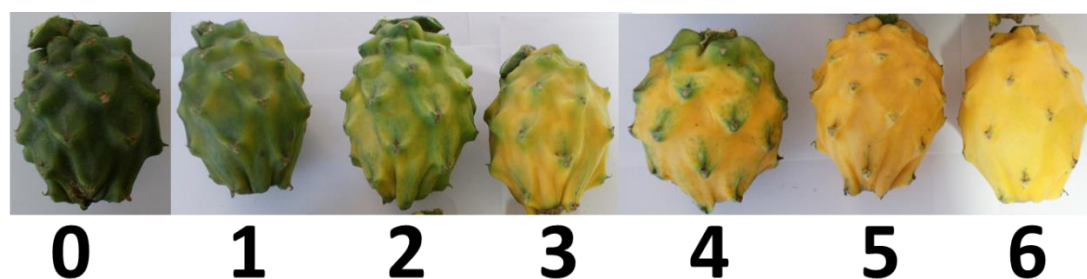


Figura 1. Tabla de color para la variedad Palora.

2.4.1.3 Maduración

La maduración es un proceso fisiológico que lleva a cambios físicos, químicos, y estructurales que determinan la calidad sensorial y permiten el consumo de las frutas.

Estos cambios inducen a una serie de modificaciones en los principales atributos de la calidad como el color, sabor, olor y textura (Kader, 1992).

La pitahaya presenta un patrón no climatérico, por lo que algunos cambios típicos de la maduración requieren de la acción del etileno, si bien el proceso global no está regulado por esta fitohormona (Kader, 1992). La tasa de respiración es de 41 – 79 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 20 – 23 °C y la producción de etileno durante el crecimiento y desarrollo del fruto es de 0.01 – 0.09 µL kg⁻¹ h⁻¹, la misma que no incrementa durante la maduración por su patrón no climatérico (Tonetto de Freitas S. M., 2013)

2.4.1.4 Cambios fisicoquímicos de la maduración

Los cambios en la maduración y la calidad organoléptica y nutricional en la pitahaya dependen del grado de madurez que tengan los frutos al momento de su cosecha, y de la T° y el tiempo de almacenamiento (Centurión, Solís, Saucedo, Báez, & Sauri, 2000). La maduración en los frutos ocurre primero en la parte basal y continúa ascendiendo por las partes medias y altas, esto sucede a los 34 o 36 ddf. Durante este periodo, el color de la piel del fruto cambia desde verde a rojo, rosado, o amarillo.

El cambio de color continúa después del corte de los frutos, sin embargo, éste depende del grado de madurez al momento de la recolección. Así, (Centurión, Solís, Saucedo, Báez, & Sauri, 2008) señala que frutos cosechados con 24 ddf alcanzaron su máxima coloración después de 4 o 5 d mientras que frutos con 30 ddf alcanzaron su coloración al cabo de 1 d, y su vida útil fue de 12 y 10 d a 20 °C.

En forma paralela a los cambios de color, los frutos durante la maduración muestran una disminución de la firmeza de la pulpa, la cual puede darse por un aumento de la enzima pectinmetilesterasa que degrada la pectina presente en la pared celular de las células del fruto (Imbasai, Ketsa, & Van Doorn, 2002). Se ha observado que los frutos de pitahaya pasan de una firmeza de 9.90 a 6.30 N de los 25 a los 31 ddf (Centurión, Solís, Saucedo, Báez, & Sauri, 2008)

Los azúcares van aumentando mientras el fruto está en el árbol, una vez recolectado pueden disminuir por ser sustratos de respiración, pero a su vez puede aumentar por la hidrólisis de polisacáridos de reserva (Viñas, y otros, 2013). En

estudios realizados por (Centurión, Solís, Saucedo, Báez, & Sauri, 2008), la pitahaya presentó de 10 a 12 °Brix; sin embargo, estos valores son menores que los registrados por (Nerd, Gutman, & Mizrahi, 1999), quienes encontraron valores de 16 a 17 en °Brix. Según estos autores, la acumulación de azúcares durante la maduración de los frutos de pitahaya se relaciona con una disminución en el contenido de almidón y mucílagos de la pulpa.

Durante la maduración de las frutas se incrementa el contenido de azúcares, disminuyen los ácidos orgánicos y fenólicos para reducir la astringencia y la acidez; así mismo aumentan las emanaciones de sustancias volátiles lo que da al fruto su sabor característico (Pantastico, 1979).

La acidez junto a los azúcares son los principales responsables del sabor. Los ácidos van disminuyendo durante la maduración ya que pueden ser sustratos de respiración. Según (Centurión, Solís, Saucedo, Báez, & Sauri, 2008) el ácido predominante en la pitahaya es el ácido málico, y éste disminuyó de 1.20 a 0.40% durante la maduración.

2.4.1.5 Conservación

Entre los múltiples factores ambientales que condicionan la calidad de las frutas durante el almacenamiento refrigerado, la T° es el más importante debido a su efecto determinante sobre las tasas de reacciones biológicas, en especial la respiración (Kader, 1992); (Wills, McGlasson, & Joyce, 1998). La regla de Van't-Hoff postula que la intensidad de una reacción química depende de su coeficiente de T° (Q_{10}). El índice Q_{10} determina que para cada aumento de la T° en 10 °C la tasa respiratoria del fruto almacenado se duplica (Viñas, y otros, 2013). Así el principio del almacenamiento refrigerado es que la tasa de respiración se reduce con la disminución de la T° . La T° óptima recomendada para el almacenamiento de las frutas varía en función de la especie y variedad, al igual que su sensibilidad a los daños por frío y/o al etileno.

La humedad relativa (HR) es otro factor decisivo en el almacenamiento refrigerado de frutas que influye en la pérdida de agua del producto, desarrollo de pudriciones, disturbios fisiológicos, y uniformidad de madurez (Kader, 1992). La HR

para la mayoría de las frutas es de 90 – 95%.

La T° óptima para conservar la pitahaya es de 10 °C con una HR de 85 – 90%. Con estas condiciones se logra mantener la calidad de la pitahaya 3 – 4 semanas dependiendo de la variedad, la madurez, y la zona de cultivo (Tonetto de Freitas & Mitcham, 2011). A 14 °C la vida poscosecha disminuye a 2 semanas, y 1 semana a 20 °C (Esquivel & Araya, 2012). A 6 °C durante 21 – 29 d, en cambio, pueden aparecer daños por frío si no se acompaña la conservación con atmósfera controlada (Hernández, 2012).

El estado de madurez puede influir en el potencial de conservación. Algunos autores han visto que si los frutos se cosechan 30 ddf, su vida útil es de 3 semanas a 10 °C, pero si se recolectan más maduros su vida poscosecha se reduce a 1 – 2 semanas. Por el contrario, si los frutos se recolectan antes de 30 ddf pueden durar 4 – 5 semanas, pero este tipo de frutos son más sensibles al daño por frío (Gunasena, Pushpakumara, & Kariyawasam, 2007); (Osuna, Beltrán, & Urias, 2005).

2.4.2 Guayaba

2.4.2.1 Cosecha

La cosecha de la guayaba se inicia después de 3 a 4 años después del trasplante. La cosecha se realiza de forma manual y se utiliza guantes y tijeras para cortar el pedúnculo (Gélvez, 1998). Los frutos son colocados en cajas o gavetas de madera o plástico con una capacidad de 10 a 20 kg. La cosecha se realiza por la mañana, ya que frutos calientes tienden a deteriorarse muy rápido (CORPEI, 2009); (Salukhe & Kaddam, 1995).

2.4.2.2 Índices de cosecha

La clasificación de guayaba como fruta climatérica o no climatérica es contradictoria. Algunos consideran que la guayaba es no climatérica (Medina, y otros, 1998); en tanto, otros consideran que es climatérica (Singh & Pal, 2008), y que esa condición puede ser un carácter varietal o que puede estar relacionado con el momento del corte ya que frutos recolectados demasiado temprano o demasiado tarde, y separados de la planta pueden comportarse como no climatéricos.

Las variedades de guayaba pueden ser cosechadas en su madurez fisiológica como en la madurez de consumo ya que en el caso de los frutos climatéricos la maduración se completa incluso después de haber sido recolectados (Akamine & Goo, 1979); (Brown & Wills, 1983). La fecha óptima para la recolección depende del destino de la fruta y del gusto del consumidor (Viñas, y otros, 2013). La guayaba se cosecha cuando hay un cambio de color del verde oscuro al claro en países donde los consumidores las prefieren en un estado verde-maduro (madurez fisiológica). Por el contrario, los frutos se cosechan en estados firme-maduro a madurez media de consumo (más blandas) para un transporte de larga distancia o en países donde los consumidores prefieren las guayabas maduras o bien en plena madurez de consumo (amarillas y blandas) para mercados locales (Tonetto de Freitas & Mitcham, 2011).

La guayaba después de ser cosechada tiene una vida útil corta de 7 días a 20 °C debido a su rápida tasa de maduración (Pantastico, 1979) y es susceptible a enfermedades (Ko & Kunimoto, 1980). Para recolectar la guayaba se considera el color como indicador de la fecha óptima de cosecha. Se señala que la guayaba se debe recolectar cuando presentan un color verde amarillento o en un 50% de color amarillo (CORPEI, 2009); (Salukhe & Kaddam, 1995), puesto que en un estado de madurez más avanzado, los frutos sobremaduros son más susceptibles a daños físicos durante la cosecha y el transporte.

Por ser muy perecedera después de la cosecha la guayaba sufre una reducción en su peso y en su vida útil lo cual limita su comercialización (García, Salinas, & Valle, 2012).

2.4.2.3 Maduración

La guayaba muestra un incremento en su intensidad respiratoria y en la tasa de producción de etileno durante la maduración que coincide con los cambios de color, textura, y sabor característicos que llevan a la madurez de consumo (Kader, 1992). Cuando se inicia la senescencia la respiración y el etileno descienden. Las tasas de respiración y producción de etileno dependen del cultivar y del estado de madurez fisiológica y de consumo. La tasa de respiración es de 10 – 70 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 20 °C y de 4 – 30 a 10 °C (Tonetto de Freitas & Mitcham, 2011).

La producción de etileno a 20 °C varía de 1 a 20 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ siendo 5 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ en la guayaba de pulpa blanca y 2 – 5 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ para las de pulpa roja (Gélvez, 1998).

2.4.2.4 Cambios fisicoquímicos de la maduración

La guayaba durante la maduración experimenta cambios en la pigmentación como es la pérdida de clorofila. El color de la piel permanece verde hasta la madurez fisiológica y pasa a un color amarillo claro cuando está en su plena madurez (Barriga, Yahuaca, & Martínez, 2008). Por ejemplo, las guayabas de las variedades Regional Roja y Regional Blanca experimentaron cambios significativos en su color exterior durante la maduración. Los frutos mostraron cambios de tonos verdes a rojizos y verdes a amarillo-verdosos, respectivamente (González I. , 2010).

El ablandamiento de los tejidos, que se manifiesta en una disminución de su firmeza, es uno de los cambios más visibles que tienen lugar durante la maduración (Viñas, y otros, 2013). Los frutos de guayaba durante la maduración pasan de una consistencia firme cuando presentan un color verde intenso a una muy blanda cuando su color es amarillo intenso. Según (Gélvez, 1998), la firmeza de la guayaba a la cosecha debe ser de 2 a 2.50 kg/cm^2 . En un ensayo se observó que durante el proceso de maduración, los frutos en estado verde tuvieron una firmeza de 1.91 kg/cm^2 , y la pulpa 0.65 kg/cm^2 y a medida que aumentó su madurez la firmeza disminuyó, a valores de 0.15 kg/cm^2 en la piel y 0.17 kg/cm^2 en la pulpa (Espinal, 2010)

En la guayaba, los carbohidratos se acumulan en forma de almidón en la maduración y a medida que avanza éste se convierte en azúcares. El contenido de sólidos solubles dependió del estado de madurez, siendo de 7.90 en frutos verdes, 8.70 en 50% maduros, y 10.50 en frutos maduros de guayaba roja. Esta variación se debe a que en el estado I (verde) la fruta posee un mayor contenido de pectinas y almidón, los cuales van disminuyéndose a medida que el fruto madura, debido a la acción de las enzimas que los hidrolizan a lo largo del proceso de maduración y producen un aumento en la concentración de azúcares.

En la guayaba, la acidez total titulable disminuye durante la maduración, mientras que el pH aumenta. El porcentaje de ácido málico en guayaba de pulpa

rosada y blanca es de 0.39% en estado verde pasando a un 0.43% en estado pintona y llegando a 0.58% en frutos maduros (González I. , 2010).

2.4.2.5 Conservación

La vida potencial de conservación de la guayaba depende de la madurez a la cosecha. La guayaba se puede conservar a una T° de 8 – 10 °C y una humedad de 90 – 95% para frutos verde-maduros y parcialmente maduros por 2 – 3 semanas, y a 5 – 8 °C para frutos maduros durante 1 semana. Después de este periodo, los frutos pueden permanecer a 20 °C por 3 días más, manteniéndose en buen estado (Tonetto de Freitas & Mitcham, 2011)

2.4.3 Tipos de conservación en la poscosecha.

El objetivo fundamental de la conservación es proporcionar seguridad, mantener la calidad, alargar la vida útil y prevenir alteraciones en los productos (Torres, 2007). Los principales tipos de conservación son:

Pre-enfriamiento: El producto debe llevarse a 1 °C en periodos de 2 a 4 horas, con esto se detiene la velocidad de deterioro y la fruta se vuelve más dura (Reinoso, 1994). El propósito en sí es hacer más lenta la respiración del producto, reducir al mínimo la susceptibilidad al ataque de microorganismos y reducir pérdidas de agua (Pantastico, 1979).

Refrigeración: La refrigeración es la técnica más utilizada en la conservación de las frutas, ya que la temperatura es el principal factor que regula los procesos pos-recolección (Alique & Zamorano, 2000). En la pitahaya y guayaba temperaturas menores a 8 °C y 5 °C respectivamente ocasionan daños por frío. Por lo general la refrigeración a la temperatura óptima empleada con humedad elevada, es el mejor método para prolongar la vida útil (Pantastico, 1979).

Atmósferas modificadas: Consiste en crear una atmósfera pobre en O₂ y rica en CO₂, ya que bajo estas condiciones es posible disminuir la tasa de respiración, el daño por frío e incluso el crecimiento microbiano (García & Fernández, 2006).

Radiación ionizante: Por lo general ocasiona un retardo en la maduración de los frutos, reduciendo al mínimo la infestación de insectos, retardando también la descomposición microbiana; estos efectos pueden traducirse en un alargamiento de la vida comercial o en la destrucción de algún organismo contaminante. Generalmente a los frutos frescos se les aplica una dosis mínima de radiación, con lo cual los cambios en las características sensoriales son mínimos (Pantastico, 1979).

Encerado: Las frutas y hortalizas tienen una capa de cera natural en la superficie externa, que se remueve con el lavado, una capa de cera aplicada artificialmente con suficiente grosor y consistencia, impide la formación de condiciones anaerobias dentro del fruto, proporcionándole la protección suficiente contra los organismos que provocan pudrición (Pantastico, 1979).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del lugar de la investigación

3.1.1 Ubicación política

Pitahaya

Provincia: Morona Santiago

Cantón: Palora

Parroquia: Sangay

Sector: Numbayne

Guayaba

Provincia: Santa Elena

Cantón: Santa Elena

Parroquia: Julio Moreno

Sector: Limoncito

3.1.2 Ubicación geográfica

Pitahaya

Latitud: 01°42'S

Longitud: 77°58'O

Guayaba

Latitud: 02°11'S

Longitud: 80°2'O

3.1.3 Ubicación geológica

Pitahaya

Altitud:	900 m.s.n.m.
T° media:	23 °C
Precipitación anual:	2000 a 3000 mm
Zona ecológica:	Bosque húmedo tropical - Bosque húmedo montano bajo
Región:	Cálido húmedo

Guayaba

Altitud:	101 m.s.n.m.
T° media:	26 °C
Precipitación anual:	808.8 mm
Zona ecológica:	Bosque seco tropical
Región:	Árida de la costa

3.2 Materiales

3.2.1 Material vegetal

Frutos de pitahaya (*Hylocereus triangularis*) variedad Palora; Frutos de guayaba (*Psidium guajava*) variedad Palmira.

3.2.2 Equipos y materiales de campo

Tijeras de podar; Gavetas plásticas (60 x 40 x 25.5 cm); Mallas de espuma de polietileno (Polylon S.A.); Hipoclorito de sodio.

3.2.3 Equipos y materiales de laboratorio

Equipos:

Parámetros físico-químicos y fisiológicos

Para determinar la calidad físico-química y fisiológica se utilizaron los equipos siguientes: Penetrómetro (Effegi, Milán, Italia); Colorímetro triestímulo Minolta (Chroma meter CR-200, Osaka, Japón); pH-metro portátil (Hanna, Chile); Refractómetro digital (Atago Co, Tokio, Japón); Calibrador digital (Truper, México); Analizador rápido de gases CO₂ / O₂ (Post Harvest Research, modelo VIA-510, CA, USA); Urnas de vidrio (10 Lt); Licuadora.

Compuestos bioactivos

Para determinar los compuestos bioactivos se utilizaron los equipos siguientes: Espectrofotómetro UV-Visible (Shimadzu, modelo UV-160, Japón); Cromatógrafo líquido de alta resolución HPLC (Hewlett Packard HP 1050, Suiza); Baño con temperatura controlada (Precision Scientific, Reciprocal Shaking Bath, modelo 25, Finlandia); Agitador vórtex (Gemmy Industrial Corp., VM – 300, Taiwan); Centrífuga (Thermo Scientific, Finlandia); Micro Pipetas (Thermo Scientific, Finlandia); Rotavapor (Büchi 461, Suiza), Campana de Extracción de Gases; Bomba de vacío; Agitador de Ultrasonido (Branson, México); Balanza analítica; Agitadores magnéticos, Cronómetro.

Reactivos:

Parámetros físico-químicos y fisiológicos

Para determinar la calidad físico-química y fisiológica se utilizaron los reactivos siguientes: Fenolftaleína (C₂OH₁₄O₄); Hidróxido de sodio (NaOH).

Compuestos bioactivos

Para determinar los compuestos bioactivos se utilizaron los reactivos siguientes: Metanol grado HPLC (CH₃OH); Homocisteína (C₄H₉NO₂S); Estándar de ácido L-ascórbico (USP, Ph. Eur, BP); Estándar de β-caroteno (USP); Ácido meta-fosfórico (HPO₃); Agua desionizada; Hexano (C₆H₁₄); Dietil éter (C₂H₅)₂O; Cloruro de sodio (NaCl); Metil-terc-butil-éter grado HPLC (C₅H₁₂O); Hidróxido de potasio (KOH); ABTS^{•-} (2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfonato); Peroxisulfato de potasio

($K_2S_2O_8$); Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2- ácido carboxílico); Etanol grado HPLC (C_2H_6O); Acetona (CH_3COCH_3); Sodio Carbonato ($NaCO_3$); Reactivo Folin-Ciocalteu's; Éter de petróleo grado HPLC ($(CH_3)_3COCH_3$); Ácido Gálico ($C_7H_6O_5$); N-cetil-N,N,N,trimetilamonio bromuro. ($C_{16}H_{33}N(CH_3)_3BR$)

Insumos: Cartuchos OASIS HLB (Waters; VAC 200 mg / 6 cc); Papel filtro (Whatman 41); Filtros PVDF de 0,45 μ m (Titan3, 17mm); Membranas Millipore PVDF (0.45 μ m; 47mm); Papel aluminio; Papel parafilm.

Material de vidrio: Matraces de vidrio (5-2000 mL); Probetas (10-1000 mL); Viales (1,5 mL); Matraz esférico de cuello esmerilado (50 mL); Kitassato (250 mL); Embudos de separación (500 mL); Matraz Erlenmeyer; Embudos de vidrio; Vasos de precipitación (80-1000 mL); Frascos de vidrio color ámbar; Tubos de ensayo; Buretas; Pipetas Pasteur de vidrio; Morteros.

Material de Plástico: Jeringas de plástico (3 y 1 mL); Pipetas Pasteur de plástico; Tubos de centrifuga.

3.3 Métodos

3.3.1 Métodos específicos del manejo del experimento

Cosecha

En el presente estudio se utilizaron pitahaya de la variedad Palora y guayaba variedad Palmira que se obtuvieron de cultivos comerciales ubicados en la provincia de Morona Santiago, cantón Palora y en la provincia de Santa Elena y cantón del mismo nombre respectivamente.



Figura 2. Plantación de pitahaya (izquierda), y plantación de guayaba (derecha).

Los frutos se recolectaron en 2 fechas dentro del periodo recomendado comercialmente para la recolección de estos frutos y con un intervalo entre cosechas de 15 días. En el caso de la pitahaya, la cosecha se realizó en el mes de octubre mientras que para la guayaba fue en enero.

Se recogió en 2 estados de madurez, los mismos que fueron seleccionados por ser los estados de madurez de referencia y de recolección tradicional por parte de los productores.

En el caso de la pitahaya, los frutos se cosecharon en grado 4 (fruto de color amarillo con la puntas de las mamilas ligeramente de color verde) y grado 5 (fruto totalmente de color amarillo) según la tabla de color de la norma técnica colombiana NTC 3554.



Figura 3. Estado de madurez 4 (izquierda) y 5 (derecha) en pitahaya.

La guayaba se recolectó según la tabla de Gélvez (1998) en el grado 2 (fruto de color verde con leves tonos amarillos, consistencia firme) y grado 4 (fruto de color amarillo con leves tonos verdes, consistencia moderadamente blanda).



Figura 4. Estado de madurez 2 (izquierda) y 4 (derecha) en guayaba.

El muestreo de frutos en la plantación se realizó en cada una de las dos caras de las hileras de los arbustos o árboles previamente seleccionados, eligiendo al azar frutos situados a diferentes alturas con características deseadas (en cuanto a calibre mínimo, aspecto sano y madurez suficiente) excluyendo de la cosecha las hileras de delimitación del lote para así evitar el efecto borde. Los índices de recolección que se utilizaron fueron el tamaño y el color.

En el caso de la pitahaya en la cosecha se realizaron las siguientes actividades: el corte de la fruta del cacto, mediante una incisión en forma de “V” en el tallo con tijeras de podar y la remoción de espinas, para lo cual se utilizó un equipo provisto de cepillos rotatorios. Posteriormente se desinfectaron los frutos con cloro a una concentración de 200 ppm. Los frutos desinfectados se colocaron en mallas plásticas de polietileno y se ubicaron en gavetas de plástico para ser transportadas a la Planta Piloto al Departamento de Ciencias de Alimentos y Biotecnología (DECAB) de la Escuela Politécnica Nacional (EPN).



Figura 5. Corte de la fruta, remoción de espinas y desinfección en la pitahaya.

En la guayaba, la recolección se realizó de forma manual, utilizando guantes y tijeras para cortar su pedúnculo. En frutos ubicados en la parte alta de los árboles se utilizó una escalera y una vara con una tijera en uno de sus extremos. Los frutos se colocaron en cestos con superficie lisa, con el fin de evitar aplastamiento y rozamiento. Posteriormente, se depositaron en gavetas plásticas para ser transportadas a la EPN donde fueron desinfectas con cloro a una concentración de 200 ppm.



Figura 6. Desinfección de la guayaba

Almacenamiento

Después de la cosecha, los frutos se conservaron en cámaras experimentales a una temperatura de 12 ± 0.5 °C para la pitahaya y 10 ± 0.5 °C para la guayaba con HR de 90-95% y a 20 ± 0.5 °C durante 11 días. Durante este tiempo se evaluaron los diferentes parámetros a 4 tiempos de almacenamiento.



Figura 7. Almacenamiento en cámaras experimentales.

Determinaciones

Para cada especie, estados de madurez y temperatura de conservación, se determinaron los parámetros físico-químicos, fisiológicos y, nutricionales en los siguientes tiempos:

- A madurez inicial
- Después de 4 días en conservación
- Después de 7 días en conservación
- Después de 11 días en conservación

Parámetros físico-químicos y fisiológicos

Se determinaron los siguientes parámetros: peso, calibre, color, firmeza, sólidos solubles, acidez y actividad respiratoria.

El peso, calibre, color y firmeza se determinó en 30 frutos por cada variable.

- **Peso:** El peso se determinó mediante una balanza digital cogiendo dos cifras decimales y expresando el resultado en gramos (g).
- **Pérdida de peso:** Las pérdidas de peso se determinaron por gravimetría, mediante el registro de los pesos de cada lote en el día 0 (peso inicial), menos la diferencia en las diferentes fechas de muestreo, hasta el día final del almacenamiento. Las pérdidas acumuladas de peso se expresaron como porcentaje de pérdida de peso (%) mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{Pérdida de Peso} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final})}{\text{Peso inicial}} * 100$$

- **Calibre:** El calibre se determinó mediante el diámetro en sentido ecuatorial en el centro del fruto, haciendo uso de un calibrador digital (Truper, México). El resultado se expresó en centímetros (cm).



Figura 8. Pie de rey para medir la longitud y calibre.

- **Firmeza:** La firmeza de la pulpa se determinó con un penetrómetro (Effegi, Milán, Italia) provisto de un pistón de 8.0 mm para pitahaya y guayaba. Su funcionamiento se basa en la medición de la resistencia que ofrece a la penetración, un muelle unido al puntal de diámetro conocido que se introduce en la pulpa del fruto. Se realizaron dos determinaciones en cada fruto en puntos opuestos de la parte ecuatorial del mismo, con el objetivo de minimizar al máximo la influencia de la orientación del fruto en la planta (caras soleadas y

sombreadas), que hacen que la firmeza no sea uniforme en él. Previamente se eliminó una capa de epidermis (entre 1-2 cm²). Para que el valor sea confiable, la medición se realizó de forma perpendicular, con una presión adecuada, siendo la misma persona la que realizó todas las mediciones. Los resultados se expresaron en Newtons (1 kgf = 9,80 N).



Figura 9. Penetrómetro utilizado para medir la firmeza.

- **Color:** El color superficial de la piel se midió con un colorímetro triestímulo Minolta (modelo CR-200, Osaka, Japón). Este método se realizó poniendo el cañón del colorímetro sobre cada cara del fruto y haciendo incidir el rayo de luz normalizada CIE. Se aplicó la lectura dos veces sobre el mismo fruto en la zona ecuatorial de la epidermis.

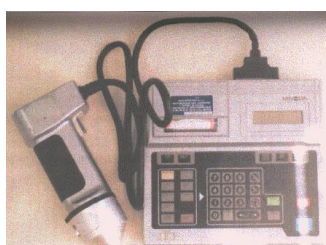


Figura 10. Colorímetro utilizado para medir el color.

Los resultados obtenidos del colorímetro se expresan como coordenadas de color CIELAB, es decir como parámetros L*, a* y b* (valores de Hunter) donde:

L*: es el eje perpendicular al plano y va de oscuro a claro, llamado luminosidad (0-100).

a*: es el eje de abcisas y va de verde a rojo (-a, +a); (-60,+60).

b*: es el eje de ordenadas y va de azul a amarillo (-b,+b); (-60,+60)

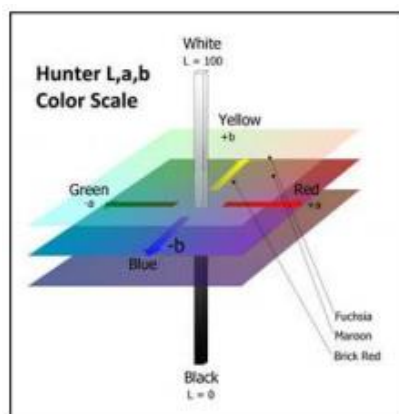


Figura 11. Diagrama de Hunter.

Fuente: Cool Roof Rating Council (2012).

El tono es el atributo por el cual se identifica como rojo, amarillo o verde y se calculó mediante la fórmula $\text{arc tg}(b^*/a^*)$.

- **Acidez titulable:** La acidez titulable (TA) fue determinada mediante valoración con NaOH 0.1 N a partir del zumo de una mezcla de 3 frutos en la pitahaya y de 5 frutos en la guayaba. En la pitahaya se utilizó 5 mL del zumo diluido en 50 mL de agua destilada y se tituló con NaOH y el indicador fenolftaleína al 0.1% (3-4 gotas). En la guayaba, se empleó 5 gr de zumo (previamente tamizado para separar las semillas) en 50 ml de agua destilada y se realizó la valoración con NaOH hasta alcanzar un pH de 8.2. Los resultados se expresaron en % de ácido málico en la pitahaya y en % de ácido cítrico en la guayaba y se calculó mediante la siguiente fórmula:

Acidez guayaba:

$$\% \text{ Ácido cítrico} = \frac{V * N * \text{Meq.} * 100}{P}$$

Donde:

V = volumen de NaOH gastado en la titulación en mL

N= Normalidad del NaOH (0.1)

meq = mili equivalentes de ácido cítrico (0.067)

P= mL de la muestra

Acidez pitahaya:

% de Acido málico =

$$\% \text{ Ácido málico} = \frac{V_{\text{ALC}}}{V_{\text{M}}} \times 0.1 \times F_{\text{AC}} \times 100$$

Donde:

V_{ALC} = volumen de NaOH usado en mL

V_{M} = volumen de la muestra (jugo) en mL

F_{AC} = Factor del ácido málico (0.067)

- **Sólidos solubles:** El contenido de sólidos solubles (SSC) se determinó utilizando un refractómetro digital (Atago Co, Tokio, Japón) y midiendo el índice de refracción del mismo zumo obtenido para la determinación de la acidez. Los resultados se expresaron en °Brix.



Figura 12. Refractómetro utilizado para medir los sólidos solubles.

- **Índice de madurez:** El índice de madurez se obtuvo de la relación °Brix/acidez titulable.
- **Tasa respiratoria:** Se determinó en función de la producción de CO₂ medido en un analizador de gases provisto de un detector infrarrojo (Post Harvest Research, modelo VIA-510, CA, USA). Se utilizó un sistema cerrado para lo cual, se colocó 3 frutos de guayaba o 2 de pitahaya en un contenedor de vidrio y se procedió a tapar los mismos (Figura 11). Se dejó transcurrir una hora y al

término de este tiempo con la ayuda de una jeringa, se extrajo 1 mL de gas y se inyectó en el analizador de gases.



Figura 13. Sistema cerrado para medición de respiración y analizador de gases.

La tasa de respiración se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{mL CO}_2/\text{Kg/h} = \frac{(\Delta \% \text{CO}_2 \times 10) (\text{Volumen del espacio libre del contenedor, L})}{(\text{peso fresco del producto, kg}) (\text{tiempo que estuvo cerrado el contenedor, h})}$$

Los mililitros de CO_2 se convierten en $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ para eliminar el efecto de la temperatura sobre el volumen del gas de manera que se pueden realizar comparaciones directas, para lo cual se realiza una corrección por temperatura. Para efecto de este estudio se utilizó $10^\circ\text{C} = 528 \text{ mL CO}_2 / 1000 \text{ mg}^{-1}$ y $20^\circ\text{C} = 546 \text{ mL CO}_2 / 1000 \text{ mg}^{-1}$.

Determinación de compuestos bioactivos: Los análisis de los componentes bioactivos se realizaron en muestras compuestas a partir de de la pulpa de una mezcla de 3 frutos en la pitahaya y de 5 frutos en la guayaba.

Las muestras de pitahaya se obtuvieron licuando la pulpa con todo y semillas y en el caso de la guayaba, se licuó la pulpa y posteriormente con la ayuda de un tamiz se separó las semillas. Todas las muestras se congelaron a -20°C a excepción de las muestras para vitamina C en las que el análisis se realizó en fresco.

- **Ácido ascórbico (AsA):** La determinación del contenido de ácido ascórbico o vitamina C se realizó siguiendo el protocolo descrito por Van Nierkek (1988) y mediante un cromatógrafo líquido HPLC (Hewlett Packard HP 1050, Suiza) con una columna LiChrospher 100 NH2 (25 cm x 4 mm x 5 µm) y un detector UV/VIS a 244 nm. El protocolo completo se detalla en el Anexo 1. Los resultados se expresaron en mg 100 g⁻¹. (Figura 14).

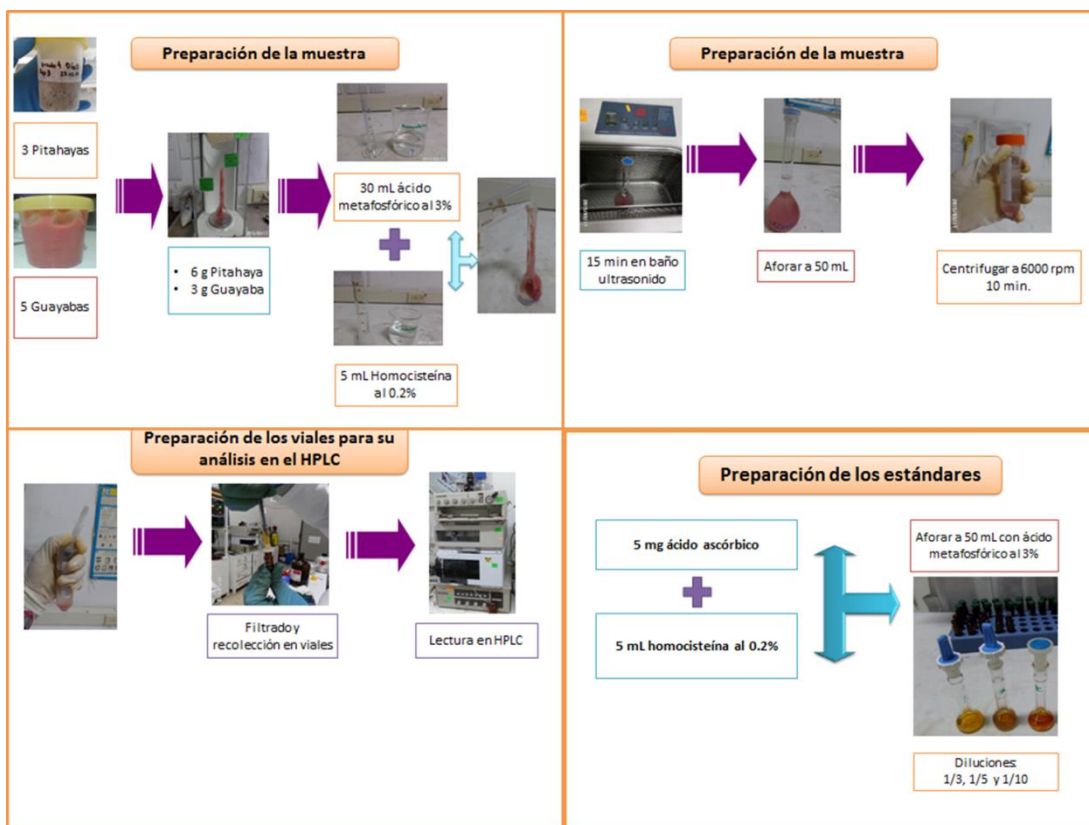


Figura 14. Esquema del protocolo para determinación de vitamina C.

Principio: la actividad de la vitamina C es debida al ácido L-ascórbico y la oxidación de productos de ácido L-hidro ascórbico. El ácido L-hidro ascórbico es inestable y es convertido rápidamente en ácido diquetoglucónico que no posee la actividad de vitamina C. El ácido L- hidro ascórbico es fácilmente reducido a ácido ascórbico por el uso de agentes como el ácido sulfúrico y la homocisteína. La vitamina C cuando se encuentra aislada de la matriz que la protege es sensible al calor, álcali, oxígeno y a la luz.

- **Antioxidantes:** La capacidad antioxidante se determinó utilizando el método TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) según Re *et al.* (1999) (Figura 15) con algunas modificaciones y descrito en el Anexo 2.

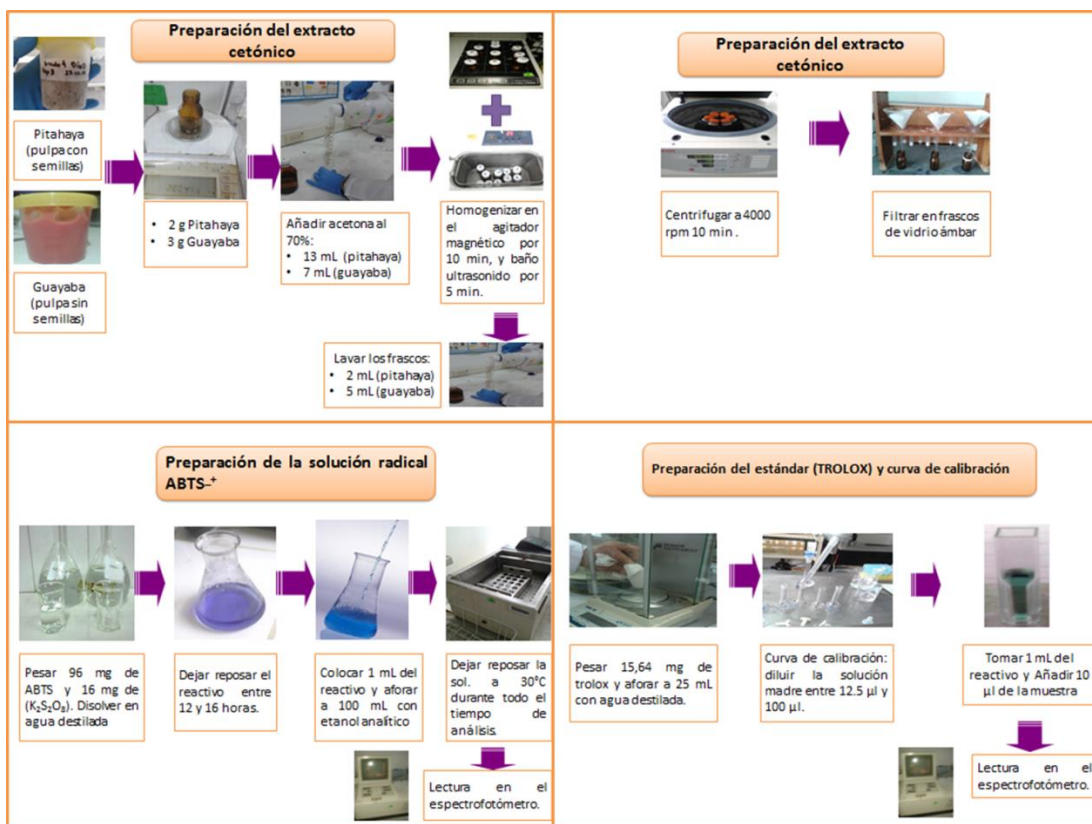


Figura 15. Esquema del protocolo para la determinación de antioxidantes.

Principio: En este método de decoloración, el radical ABTS^{•+} es generado por la producción directa del cromóforo ABTS^{•+} mediante la reacción entre el ABTS (2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfonato) y el peróxido disulfato de potasio. La adición de antioxidantes al radical monocatión preformado de (ABTS^{•+}) lo reduce, disminuyendo su coloración inicial (verde/azul). La influencia de la concentración del antioxidante y la duración de la reacción son tomados en cuenta en la determinación de la capacidad antioxidante. Los resultados se expresaron como equivalentes de trolox (µmol Trolox / 100 g PF).

- **Polifenoles solubles totales:** El análisis del contenido de polifenoles totales se realizó siguiendo el método de Folin-Ciocalteu y optimizado por George *et al.*

(2005) (Figura 16) descrito en el Anexo 3. Los resultados se (mg ácido gálico 100 g^{-1} PF).

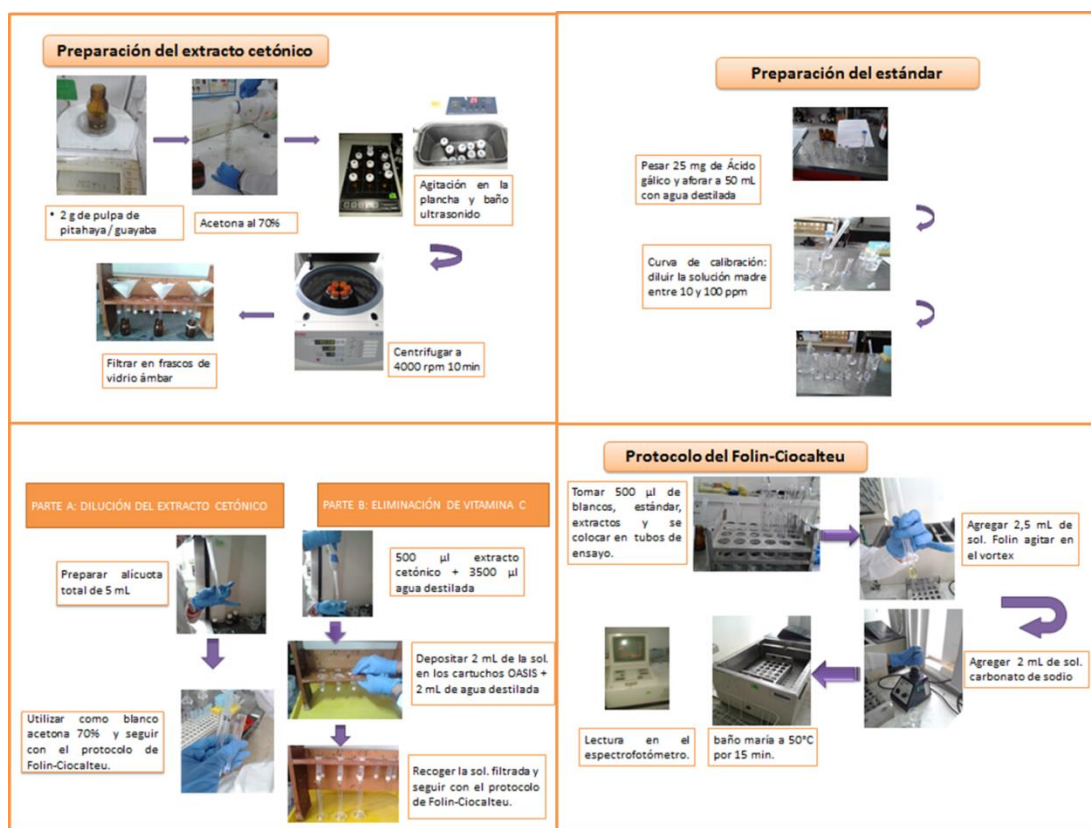


Figura 16. Esquema del protocolo para la determinación de polifenoles.

Principio: Este método consiste en una reacción de reducción/oxidación (REDOX) entre los polifenoles (ácido gálico) presentes en una muestra y el reactivo Folin-ciocalteu, Para realizar este protocolo se utilizó el mismo extracto cetónico preparado para la determinación de la capacidad antioxidante.

- **β -carotenos:** El contenido de beta carotenos se realizó mediante el método descrito por Petterson y Johnsson (1990) mediante un mediante un cromatógrafo líquido HPLC (Hewlett Packard HP 1050, Suiza) con una columna YMC Carotenoid C30 (25 cm x 4.5 mm x 4.8 μm) y un detector UV/VIS a 450 nm (Figura 17) descrito en el (Anexo 4).

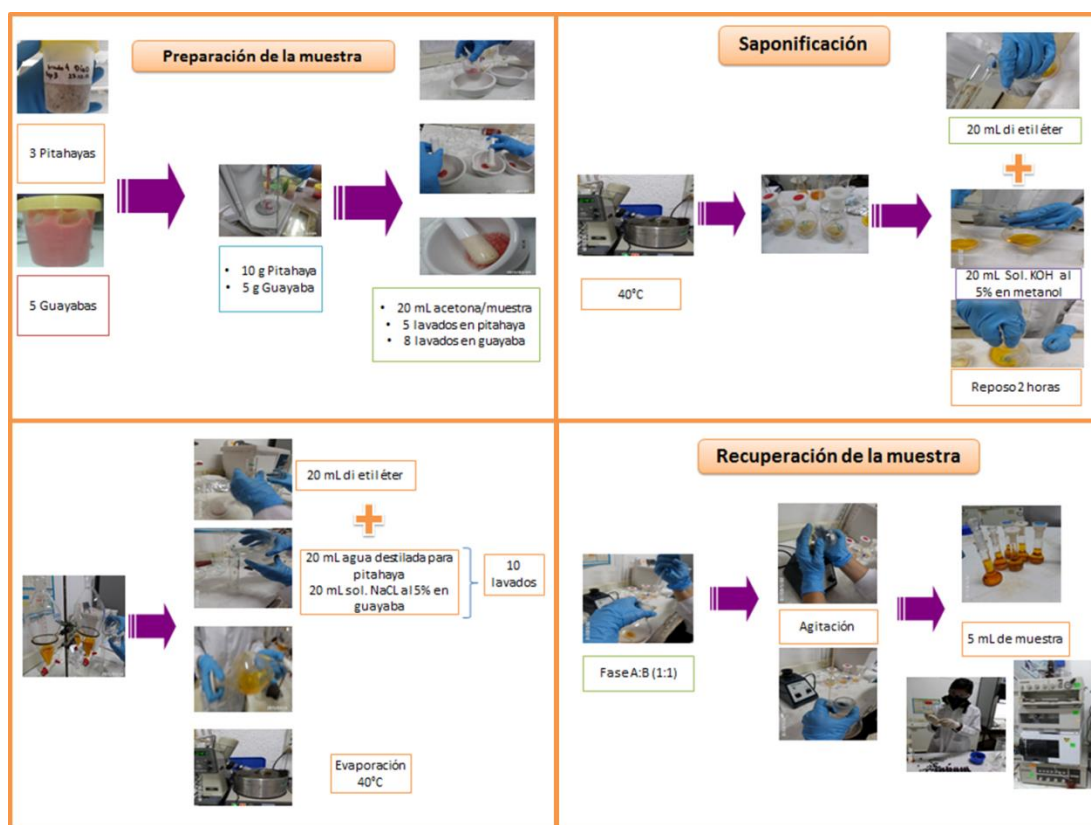


Figura 17. Esquema del protocolo para la determinación de β -carotenos.

Principio: La actividad de vitamina A es compartida a través de varios compuestos; los más importantes para el análisis de alimentos son retinol, 3-hidroretinol y retinil éster. Para simplificar el análisis, la muestra es normalmente saponificada para convertir el éster a alcohol libre. La saponificación sirve para liberar la vitamina de la matriz del alimento y eliminar componentes como triglicéridos. Luego de la saponificación se extrae la vitamina con éter de petróleo la cual se lee directamente en el HPLC.

3.3.2 Diseño experimental

El proyecto tiene 2 diseños experimentales, uno que se aplicó para el análisis de los parámetros físico-químicos y fisiológicos de la calidad poscosecha y el otro, para el análisis de los componentes bioactivos. El tipo de diseño fue completamente al azar donde los factores fueron los estados de madurez, las temperaturas de almacenamiento y los días de conservación. La cosecha se la consideró como una repetición del experimento y estuvo contemplado sólo para el análisis de calidad. Este diseño se aplicó tanto para pitahaya como guayaba.

3.3.2.1 Factores

Tabla 1

Factores a probar en la calidad físico-química y fisiológica; y componentes bioactivos en la pitahaya.

Factores:		
Estado de madurez		
N°	Código	Descripción
1	M ₄	Grado 4 (fruto de color amarillo con la puntas de las mamilas ligeramente de color verde)
2	M ₅	Grado 5 (fruto totalmente de color amarillo)
Temperatura		
N°	Código	Descripción
1	T ₁₂	Temperatura de almacenamiento en cámaras experimentales a 12 °C
2	T ₂₀	Temperatura de almacenamiento en cámaras de maduración a 20 °C
Días de conservación		
N°	Código	Descripción
1	d ₀	Día de análisis a la cosecha
2	d ₄	Día de análisis al día 4 después de la cosecha
3	d ₇	Día de análisis al día 7 después de la cosecha
4	d ₁₁	Día de análisis al día 11 después de la cosecha

Tabla 2

Factores a probar en la calidad físico-química y fisiológica; y componentes bioactivos en la guayaba.

Factores:		
Estado de madurez		
N°	Código	Descripción
1	M ₄	Grado 4 (fruto de color amarillo con la puntas de las mamilas ligeramente de color verde)
2	M ₅	Grado 5 (fruto totalmente de color amarillo)
Temperatura		
N°	Código	Descripción
1	T ₁₂	Temperatura de almacenamiento en cámaras experimentales a 12 °C
2	T ₂₀	Temperatura de almacenamiento en cámaras de maduración a 20 °C
Días de conservación		
N°	Código	Descripción
1	d ₀	Día de análisis a la cosecha
2	d ₄	Día de análisis al día 4 después de la cosecha
3	d ₇	Día de análisis al día 7 después de la cosecha
4	d ₁₁	Día de análisis al día 11 después de la cosecha

3.3.2.2 Tratamientos

Numero de tratamientos:

M x T x d

$$2 \times 2 \times 4 = 16 \text{ tratamientos}$$

Se obtuvieron 16 tratamientos tanto para la calidad de los análisis físico-químicos y fisiológicos, como para el análisis de los compuestos bioactivos, como se detalla en los Tablas siguientes.

Tabla 3

Especificación de los tratamientos para pitahaya

Tratamiento	Código	Estado de Madurez	Temperatura (°C)	Días de conservación
1	M4T12d0	4	12	0
2	M4T12d4	4	12	4
3	M4T12d7	4	12	7
4	M4T12d11	4	12	11
5	M4T20d0	4	20	0
6	M4T20d4	4	20	4
7	M4T20d7	4	20	7
8	M4T20d11	4	20	11
9	MT12d0	5	12	0
10	M5T12d4	5	12	4
11	M5T12d7	5	12	7
12	M5T12d11	5	12	11
13	M5T20d0	5	20	0
14	M5T20d4	5	20	4
15	M5T20d7	5	20	7
16	M5T20d11	5	20	11

Tabla 4
Especificación de los tratamientos para guayaba

Tratamiento	Código	Estado de Madurez	Temperatura (°C)	Días de conservación
1	M2T10d0	2	10	0
2	M2T10d4	2	10	4
3	M2T10d7	2	10	7
4	M2T10d11	2	10	11
5	M2T10d0	2	20	0
6	M2T20d4	2	20	4
7	M2T20d7	2	20	7
8	M2T20d11	2	20	11
9	M4T10d0	4	10	0
10	M4T10d4	4	10	4
11	M4T10d7	4	10	7
12	M4T10d11	4	10	11
13	M4T10d0	4	20	0
14	M4T20d4	4	20	4
15	M4T20d7	4	20	7
16	M4T20d11	4	20	11

3.3.2.3 Características de la unidad experimental

Calidad

Número total: 3 repeticiones (conformadas por 10 frutos para cada unidad experimental).

Compuestos bioactivos

Número total: 3 repeticiones (muestras compuestas de pulpa de alrededor de 500 - 1000 g dependiendo del fruto).

3.3.3 Variables a medir

Parámetros físico-químicos y fisiológicos

➤ Peso (g)

- Pérdida de peso (%)
- Calibre (mm)
- Longitud (mm)
- Color (Hue °)
- Firmeza (N)
- Sólidos solubles (°Brix)
- Acidez (% de ácido málico) en la pitahaya y (% de ácido cítrico) en la guayaba
- Índice de madurez (°Brix/Acidez)
- Actividad respiratoria ($\text{mg CO}_2/\text{kg h}^{-1}$)

Compuestos bioactivos

- Vitamina C (Ácido ascórbico, $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ PF}$)
- β -carotenos ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ PF}$)
- Capacidad antioxidante ($\mu\text{mol Trolox} / 100 \text{ g PF}$)
- Contenido de polifenoles solubles totales ($\text{mg ácido gálico } 100 \text{ g}^{-1} \text{ PF}$).

3.3.4 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para todas las variables evaluadas. Los ANOVA se realizaron usando el programa R Development Core Team, versión 3.1.3. Las medias de los tratamientos fueron separadas por el procedimiento de comparaciones múltiples de medias Least Significant Difference “LSD” a un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$). Se utilizó el LSD para pruebas de comparación múltiple al ser un método más restrictivo en caso de diferencias estadísticas entre los tratamientos establecidos.

3.3.4.1 Esquema del análisis de varianza

Tabla 5

Esquema del análisis de varianza. Se utilizó el mismo esquema para pitahaya y guayaba en los análisis físico- químicos de calidad.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Cosecha	1
Madurez	1
Temperatura	1
Días	3
Madurez x Días	3
Madurez x Temperatura	1
Temperatura x Días	3
Días x Madurez x Temperatura	3
Error	32
Total	48

Tabla 6

Esquema del análisis de varianza. Se utilizó el mismo esquema para pitahaya y guayaba en el análisis de compuestos bioactivos.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Madurez	1
Temperatura	1
Días	3
Madurez x Días	3
Madurez x Temperatura	1
Días x Temperatura	3
Días x Madurez x Temperatura	3
Error	33
Total	48

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se analizaron la calidad físico-química fisiológica; y componentes bioactivos en pitahaya y guayaba, para lo cual se realiza el respectivo análisis separado para cada especie de acuerdo con las variables establecidas.

4.1 Estudio de la Pitahaya (*Hylocereus triangularis*)

4.1.1 Parámetros físico-químicos a la cosecha

Los resultados de las variables físico-químicas a la cosecha de la pitahaya variedad Palora recolectada en grado 4 (fruto de color amarillo con las puntas de las mamilas ligeramente de color verde) y grado 5 (fruto totalmente de color amarillo) de madurez se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7

Parámetros físico-químicos a la cosecha en pitahaya cosechada en dos estados de madurez 4 y 5. Diferentes letras indican diferencias estadísticas entre estados de madurez ($p=0.05$).

	Grado 4	Grado 5
Peso (g)	338.40 ± 57.57 ^a	347.80 ± 40.53 ^a
Calibre (cm)	7.81 ± 0.65 ^b	7.98 ± 0.41 ^a
Firmeza (N)	71.97 ± 15.25 ^a	65.12 ± 11.93 ^b
Color (°H)	96.96 ± 4.23 ^a	94.33 ± 2.36 ^b
Sólidos solubles (°Brix)	18.66 ± 1.25 ^b	19.63 ± 0.68 ^a
Acidez titulable (% ácido málico)	0.15 ± 0.02 ^a	0.13 ± 0.01 ^b
Índice de madurez	127.10 ± 15.88 ^b	148.80 ± 17.46 ^a

¹Superíndices con letra distinta, difieren significativamente ($p<0.05$).

² Estado de madurez: 4 (fruto de color amarillo con las puntas de las mamilas ligeramente de color verde) y grado 5 (fruto totalmente de color amarillo)

El análisis de varianza demostró diferencias significativas ($P<0.05$) en todas las variables a excepción del peso, por lo que los dos estados de madurez estaban claramente diferenciados.

El peso de los frutos de pitahaya fue similar en los dos estados de madurez, esto pudo deberse a que las frutas provinieron de una misma plantación con características homogéneas. Mientras que en el calibre los estados de madurez fueron diferentes, presentando un mayor calibre los de grado 5, ya que durante la maduración las mamilas de la pitahaya tienden a distanciarse entre sí aumentando su diámetro. (A. Procel, comunicación personal).

Los frutos de grado 4 fueron significativamente más firmes, y el color de la piel medido como ángulo de matiz ($^{\circ}$ Hue) fue mayor que en los frutos con grados de madurez 5, estas variables guardan relación debido a que durante la maduración la firmeza y el color disminuyen.

Asimismo, los frutos de grado 4 presentaron un menor contenido de sólidos solubles y una acidez más elevada y como consecuencia el índice de madurez fue menor que en el grado 5, estos resultados siguen el patrón de maduración

4.1.2 Parámetros físico-químicos durante la conservación

4.1.2.1 Pérdida de peso

La pérdida de peso fue significativa entre temperaturas y días de conservación, habiendo una interacción entre estos factores (Tabla 8).

Tabla 8

Valor de F y nivel de p en los resultados de ANOVA para el % de pérdida de peso durante la conservación con factores: madurez (4 y 5); temperatura (12 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Cosecha	1	0.261	0.611
Madurez	1	0.257	0.614
Temperatura	1	323.064	<2e-16 ***
Días	3	320.693	<2e-16 ***
Madurez:Temperatura	1	0.053	0.818
Madurez:Días	3	0.235	0.872
Temperatura:Días	3	57.551	<2e-16 ***
Madurez:Temperatura:Días	3	0.254	0.872
Residuals	59		

¹Signif. códigos: 0 ‘****’ 0.001 ‘***’ 0.01 ‘**’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘.’ 1

²Estado de madurez: 4 (fruto de color amarillo con las puntas de las mamilas ligeramente de color verde) y grado 5 (fruto totalmente de color amarillo).

En general, los frutos presentaron una tendencia lineal en el aumento de la pérdida de peso durante la conservación siendo ésta similar para los dos estados de madurez pero diferente entre temperaturas y días de conservación.

En la pitahaya almacenada a 20 °C, la pérdida de peso fue significativamente mayor a lo largo de toda la conservación. Después de 11 días a 20 °C, los frutos perdieron peso en un 7.0%, mientras que a 12°C, la pérdida fue de apenas de un 2.76% (Figura 18).

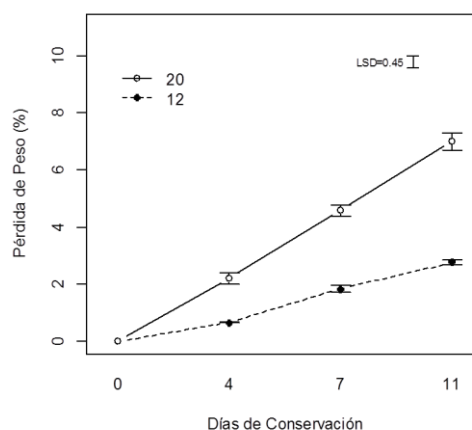


Figura 18. Pérdida de peso (%) en pitahaya durante la conservación en frutos de estado de madurez 4 y 5 y conservados a 12 °C (●) ó 20 °C (○). Dado que no se observaron diferencias significativas entre estados de madurez, los valores representan las medias. La barra vertical representa el valor LSD ($p=0.05$).

La pérdida de peso es un problema que afecta la calidad postcosecha en la mayoría de frutas. En el caso de la pitahaya, el espesor considerable de su cáscara y el alto contenido de mucílago en la pulpa, hace que la fruta pueda mantener una cantidad considerable de agua durante el almacenamiento pero a pesar de ello, la pérdida de agua aumenta a mayor temperatura de almacenamiento (Le Bellec & Vaillant, 2011), la morfología de la pitahaya hace posiblemente que su TR no sea alta, razón por la cual esta fruta es considerada no climatérica.

Resultados similares de pérdida de peso a los obtenidos en el presente estudio de apenas el 6%, reportaron (Nerd, Gutman, & Mizrahi, 1999) en pitahaya amarilla almacenada a 10°C durante 30 días y en pitahaya roja después de 1 semana a 20°C.

Por otro lado, se ha observado que la pérdida de peso es dependiente del estado de madurez de los frutos. Así, en un estudio realizado por (Centurión, y otros, 1999) en pitahaya roja, se vio que en frutos cosechados al inicio de su madurez presentaron una mayor pérdida de peso que los frutos completamente maduros durante 11 días de conservación a 20°C. Contrario a estos resultados, en la variedad Palora, el estado de madurez no afectó de manera significativa a la pérdida de peso.

4.1.2.2 Firmeza

Durante la conservación, en general no hubo cambios importantes en la firmeza de los frutos aunque se observó un ligero aumento presentando diferencias significativas entre estados de madurez y días de conservación, además existió una interacción entre temperatura y días (Tabla 9).

Tabla 9

Valor de F y nivel de p del ANOVA para la firmeza durante la conservación con factores: madurez (4 y 5); temperatura (12 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Cosecha	1	131.841	< 2e-16
Madurez	1	21.004	5.20e-06 ***
Temperatura	1	0.867	0.35321
Días	3	23.600	9.84e-15 ***
Madurez:Temperatura	1	3.180	0.0749
Madurez:Días	3	0.885	0.4482
Temperatura:Días	3	8.838	8.82e-06 ***
Madurez:Temperatura:Días	3	0.994	0.3949
Residuals	943		

¹Signif. códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

²Estado de madurez: 4 (fruto de color amarillo con las puntas de las mamilas ligeramente de color verde) y grado 5 (fruto totalmente de color amarillo)

A los 11 días, los frutos de grado 4 y 5 almacenados a 12 °C presentaron una mayor firmeza de 82.4 N en comparación a los de 20 °C que tuvieron una firmeza de 75.68 N (Figura 19).

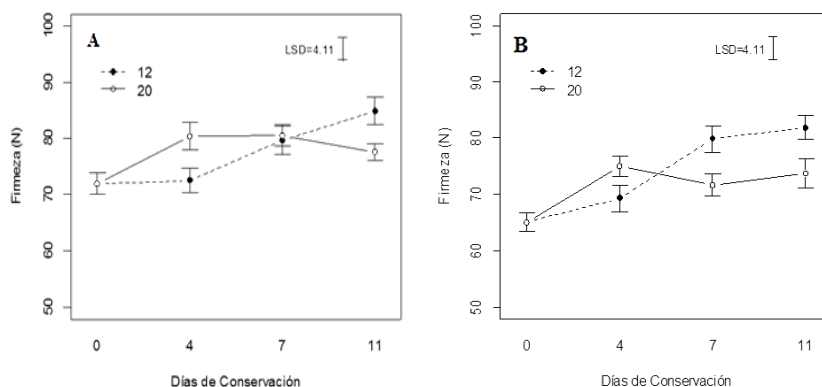


Figura 19. Firmeza (N) en pitahaya durante la conservación en frutos de estado de madurez 4 (A) y 5 (B) y conservados a 12 °C (●) ó 20 °C (○). La barra vertical representa el valor LSD ($p=0.05$).

Los valores de firmeza presentados en la variedad Palora fueron similares a lo encontrado en otras variedades de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw) (Serna, 2011). En pitahaya roja (*Hylocereus undatus* (Haw.)), (Balois, Peña, & Arroyo, 2013), reportó valores entre 80 - 90 N después de 11 días a 20 y 12°C respectivamente.

La ausencia de pérdida de firmeza durante la conservación en esta variedad es contradictorio a lo observado en pitahaya amarilla en las cuales la firmeza fue disminuyendo durante la conservación a 25°C en alrededor de 10 N (Serna, 2011) después de 15 días. Los valores reportados para la firmeza en ese estudio fueron menores (casi la mitad) a los observado en la variedad Palora.

El ligero aumento de la firmeza observado en los frutos podría ser atribuible a que la medición en este parámetro en el tiempo se realizó en diferentes frutos.

4.1.2.3 Color

Durante la conservación los frutos presentaron una disminución del color, mostrando diferencias significativas entre estados de madurez y días de conservación, indicando el avance del color de la piel hacia el amarillo (Tabla 10).

Tabla 10

Valor de F y nivel de p del ANOVA para el color durante la conservación con factores: madurez (4 y 5); temperatura (12 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Cosecha	1	47.368	1.07e-11
Madurez	1	123.192	<2e-16 ***
Temperatura	1	0.001	0.970
Días	3	19.775	1.95e-12 ***
Madurez:Temperatura	1	0.668	0.414
Madurez:Días	3	1.237	0.295
Temperatura:Días	3	0.956	0.413
Madurez:Temperatura:Días	3	0.953	0.415
Residuals	943		

¹Signif. códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 '.' 1

²Estado de madurez: 4 (fruto de color amarillo con las puntas de las mamilas ligeramente de color verde) y grado 5 (fruto totalmente de color amarillo).

Los frutos de grado 4 tuvieron valores más altos de °Hue que los de grado 5 pero sin diferencias entre temperaturas (Figura 20).

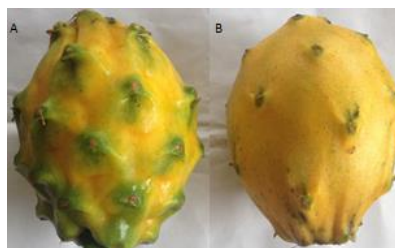


Figura 20. Color (°Hue) a la cosecha en frutos de pitahaya, estado de madurez 4 (A) y 5 (B).

En el grado 4, se observó una disminución del color hasta el final del almacenamiento que alcanzaron valores similares a los frutos de grado 5 al momento de la cosecha (94.4 °Hue). Los frutos de grado 5 presentaron un valor de 92.48 °Hue lo que representan mayor color amarillo (Figura 21), este comportamiento se debe a que los frutos de pitahaya en su proceso de maduración pasan de tono verde a amarillo, mostrando una disminución en los valores de °Hue.

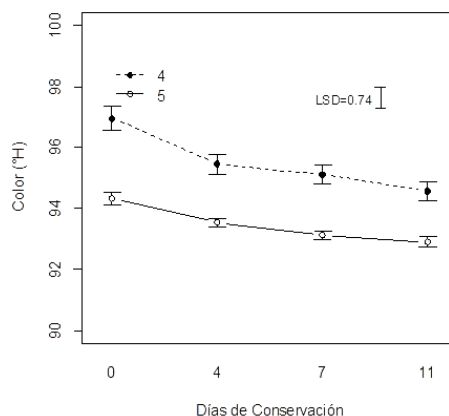


Figura 21. Color (°H) en pitahaya durante la conservación en frutos de estado de madurez 4 (●) y 5 (◻) y conservados a 12 °C ó 20 °C. Dado que no se observaron diferencias significativas entre temperaturas, los valores representan las medias. La barra vertical representa el valor LSD ($p=0.05$).

4.1.2.4 Respiración

Durante la conservación se observó una disminución de la respiración, con diferencias significativas e interacción entre temperatura y días de conservación, además existió una segunda interacción entre estados de madurez y temperatura (Tabla 11).

Tabla 11

Valor de F y nivel de p del ANOVA para la respiración durante la conservación con factores: madurez (4 y 5); temperatura (10 y 20 °C) y días (0, 1, 3, 5 y 7).

	Df	F Value	Pr (>F)
Madurez	1	1.200	0.27992
Temperatura	1	29.996	1.56e-06 ***
Días	4	7.781	9.77e-05 ***
Madurez:Temperatura	1	4.268	0.04536
Madurez:Días	4	0.582	0.67756
Temperatura:Días	4	5.733	0.00096 ***
Madurez:Temperatura:Días	4	0.109	0.97854
Residuals	40		

¹Signif. códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

²Estado de madurez: 4 (fruto de color amarillo con las puntas de las mamilas ligeramente de color verde) y grado 5 (fruto totalmente de color amarillo).

La tasa de respiración de los frutos de estado 4 y 5 a la cosecha fue similar con valores de 59.82 y 55.90 mg CO₂ •kg⁻¹ •h⁻¹ respectivamente. Los frutos almacenados a 20 °C tuvieron una tasa respiratoria más alta que a 10 °C, presentando una producción de CO₂ que fluctuó de 50 a 51 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ mientras que en los frutos a 10 °C osciló de 45 a 38 mg CO₂ •kg⁻¹ •h⁻¹ (Figura 22). Estos resultados se ajustan al índice Q₁₀ que determina que el aumento de temperatura causa un incremento en la TR de los frutos almacenados.

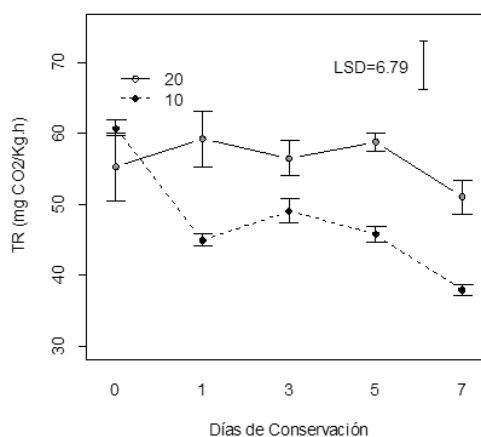


Figura 22. Tasa de respiración (mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) en pitahaya durante la conservación en frutos conservados a 10 °C (●) ó 20 °C (○). Dado que no se observaron diferencias significativas entre estados de madurez, los valores representan las medias. La barra vertical representa el valor LSD (p=0.05).

Los frutos de las especies *Hylocereus* son no climatéricos y tienen una tasa de respiración baja cuando maduran y después de ser cosechados, que oscila entre los 50 y 120 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (Nerd, Gutman, & Mizrahi, 1999); (To, Nge, Duc, & Huong, 2002) por lo tanto, las frutas deben ser cosechadas cuando han alcanzado su plena madurez y el desarrollo está completo. En la variedad Palora, su baja respiración y la ausencia de un pico de producción de CO₂ durante el almacenamiento se ajusta a un patrón no climatérico y concuerda con lo reportado por estos autores.

El almacenamiento a baja temperatura es el método tradicional que se utiliza para reducir los procesos metabólicos relacionados a la maduración en frutas y vegetales y prolongar la vida útil en postcosecha (Kader, 2012). El efecto del almacenamiento a baja temperatura en pitahaya ha sido objeto de pocos estudios (Nerd, Gutman, & Mizrahi, 1999); (Centurión, Solís, Saucedo, Báez, & Sauri, 2000).

Los resultados obtenidos en la variedad Palora, indican que la respiración disminuyó durante la conservación y que la temperatura a 10°C la redujo en 1.5 veces. Resultados contradictorio obtuvieron (Corrales-García & Canche-Canche, 2008) en pitahaya roja quienes reportaron que la tasa de respiración aumentó durante la conservación a 4 y 8 °C, siendo más pronunciada a 4 °C.

4.1.2.5 Sólidos solubles Totales

Los sólidos solubles totales (SST) durante la conservación presentaron diferencias significativas entre estados de madurez y días de conservación, además existió una interacción entre temperatura y días (Tabla 12).

Tabla 12

Valor de F y nivel de p del ANOVA para los sólidos solubles durante la conservación con factores: madurez (4 y 5); temperatura (12 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Cosecha	1	0.018	0.8936
Madurez	1	50.789	7.55e-12 ***
Temperatura	1	0.010	0.9201
Días	3	12.243	1.39e-07 ***
Madurez:Temperatura	1	0.535	0.4653
Madurez:Días	3	0.138	0.9373
Temperatura:Días	3	3.830	0.0102 ***
Madurez:Temperatura:Días	3	0.143	0.9342
Residuals	943		

¹Signif. códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

²Estado de madurez: 4 (fruto de color amarillo con las puntas de las mamilas ligeramente de color verde) y grado 5 (fruto totalmente de color amarillo).

Los SST en los dos estados de madurez no presentaron cambios importantes durante la conservación aunque se observó una ligera disminución a partir de los 4 días para los frutos almacenados a 20°C. Los frutos de grado 5 tuvieron una concentración de SST más alta que los de grado 4 con valores en los rangos de 19.9 - 18.7 y 19.0 – 17.5 °Brix, respectivamente (Figura 23).

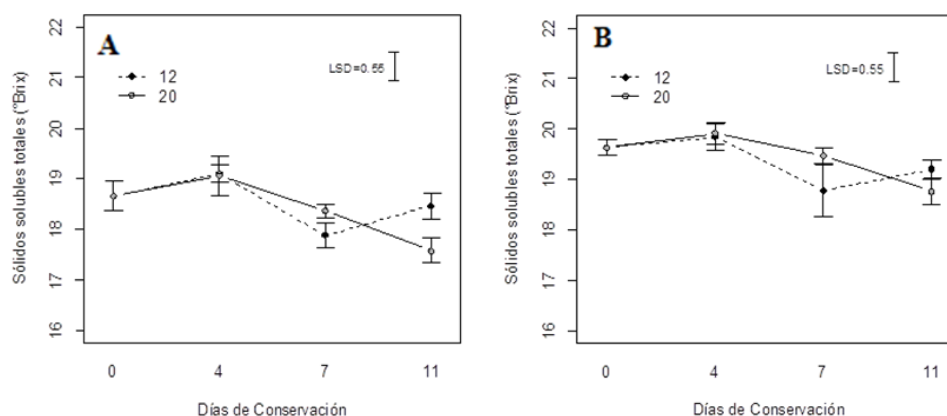


Figura 23. Sólidos solubles (°Brix) en pitahaya durante la conservación en frutos de estado de madurez 4 (A) y 5 (B) y conservados a 12 °C (●) ó 20 °C (○). La barra vertical representa el valor LSD ($p=0.05$).

El contenido de sólidos solubles en pitahaya puede disminuir o mantenerse durante la maduración. Así, en pitahaya roja cosechada en tres estados de madurez, los SST disminuyeron durante los primeros días de almacenamiento a 20 °C (Osuna, y otros, 2011), mientras que en pitahaya amarilla cosechada en dos estados de madurez, se mantuvo constante en un rango del 19 al 21 °Brix cuando se almacenaron a 10 y 20 °C (Nerd, Mizrahi, & Nobel, Cactias crops, 1997). Según, (Nerd, Gutman, & Mizrahi, 1999) la concentración de SST no se incrementa durante el almacenamiento en las pitahayas, porque acumulan la mayor cantidad de azúcares en la fase final de desarrollo en la planta, que coincide con el cambio de color de la cáscara.

4.1.2.6 Acidez titulable

La acidez titulable (AT) fue diferente entre estados de madurez, temperatura y días de conservación, además existió una interacción entre estados de madurez y días (Tabla 13).

Tabla 13

Valor de F y nivel de p del ANOVA para la acidez titulable durante la conservación con factores: madurez (4 y 5); temperatura (12 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Cosecha	1	130.345	< 2e-16
Madurez	1	43.788	1.66e-10 ***
Temperatura	1	9.286	0.00251 **
Días	3	24.126	5.00e-14 ***
Madurez:Temperatura	1	0.026	0.87269
Madurez:Días	3	2.774	0.04164 *
Temperatura:Días	3	1.131	0.33677
Madurez:Temperatura:Días	3	0.026	0.99442
Residuals	303		

¹Signif. códigos: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 ' 0.1 ' ' 1

²Estado de madurez: 4 (fruto de color amarillo con las puntas de las mamilas ligeramente de color verde) y grado 5 (fruto totalmente de color amarillo).

Los frutos de grado 4 presentaron valores más altos de AT que los de grado 5 y la acidez fue ligeramente mayor en los frutos almacenados a 12 °C para los dos estados de madurez. Al final de la conservación, el porcentaje de ácido málico fue de 0.13% en el grado de madurez 4 y de 0.12% en el grado de madurez 5 (Figura 24).

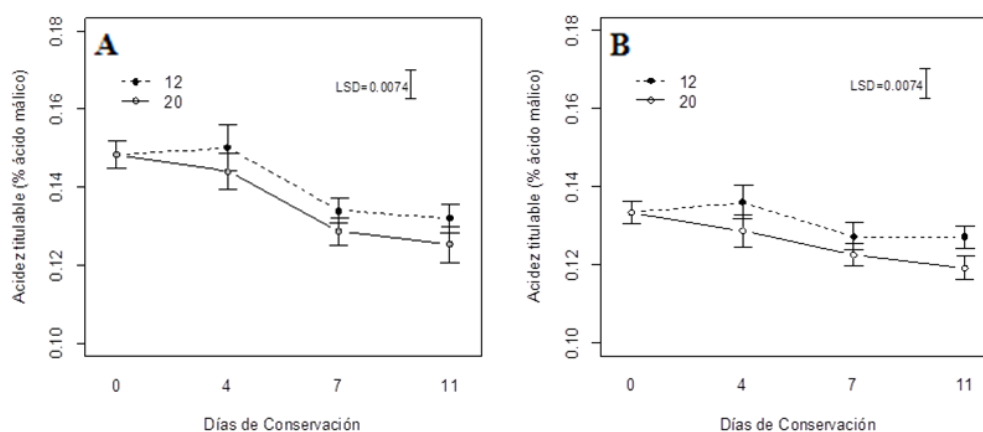


Figura 24. Acidez titulable (% ácido málico) durante la conservación en frutos de estado de madurez 4 (A) y 5 (B) y conservados a 12 °C (●) ó 20 °C (○). La barra vertical representa el valor LSD (p=0.05).

Diversos autores evidencian que la acidez titulable disminuye en pitahaya durante la conservación. (Nerd, Gutman, & Mizrahi, 1999) observaron que la acidez

titulable en pitahaya amarilla cosechada en 2 estados de madurez se redujo en un 50 % durante 4 semanas de almacenamiento a 12 ó 20 °C siendo ésta pérdida igual en ambas temperaturas. Ensayos con pitahaya roja, reportaron una disminución mayor de la acidez de un 70-80% durante la conservación a 20 °C (Centurión, y otros, 1999); (Osuna, y otros, 2011). Según (Davies & Maw 1978) la acidez titulable disminuye porque los ácidos orgánicos se metabolizan durante el almacenamiento de fruta. El ácido cítrico se metaboliza en azúcares, aminoácidos y, ácidos orgánicos no volátiles que son utilizados en reacciones de oxidación durante la maduración.

4.1.2.7 Índice de Madurez

Durante la conservación, el índice de madurez (IM) en los frutos de pitahaya presentó una tendencia ascendente con diferencias significativas entre estados de madurez, temperatura y días (Tabla 14).

Tabla 14

Valor de F y nivel de p del ANOVA para el índice de madurez durante la conservación con factores: madurez (4 y 5); temperatura (12 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Cosecha	1	148.493	< 2e-16
Madurez	1	116.768	< 2e-16 ***
Temperatura	1	10.444	0.00136 **
Días	3	9.236	6.65e-06 ***
Madurez:Temperatura	1	0.707	0.40094
Madurez:Días	3	1.509	0.20594
Temperatura:Días	3	1.792	0.14861
Madurez:Temperatura:Días	3	0.170	0.91663
Residuals	303		

¹Signif. códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

²Estado de madurez: 4 (fruto de color amarillo con las puntas de las mamilas ligeramente de color verde) y grado 5 (fruto totalmente de color amarillo).

Los frutos de grado 5 presentaron un IM más alto que los de grado 4, y fue mayor en los frutos almacenados a 20 °C en ambos estados de madurez y a lo largo

del almacenamiento, esto se debe a que los frutos almacenados a temperaturas más altas aceleran sus procesos metabólicos. La pitahaya de grado 4 presentó un índice de 127 a la cosecha y alcanzó un valor de 142 en los frutos almacenados a 10 y 20 °C a los 11 días de conservación. En el grado 5 el índice de madurez pasó de 149 a 152 y 158 para los frutos almacenados a 12 y 20 °C, respectivamente (Figura 25), el incremento del IM es más evidente en los frutos de estado 4, ya que estos frutos fueron cosechados más inmaduros.

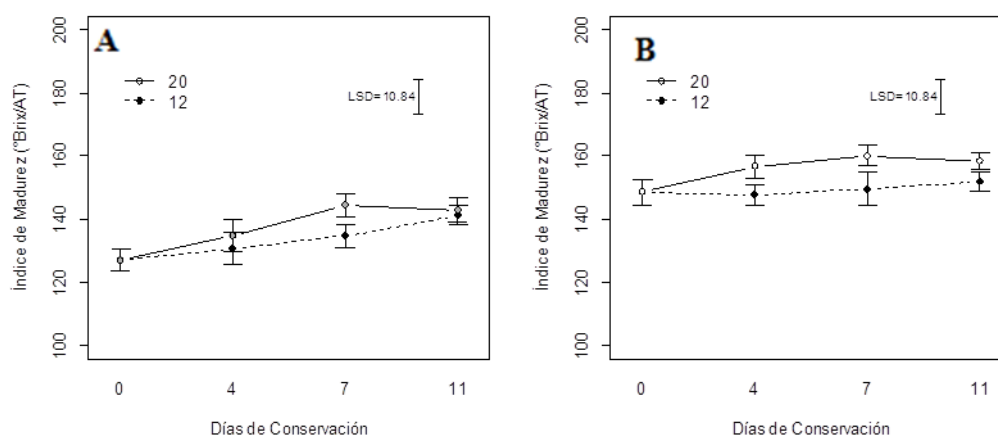


Figura 25. Índice de madurez durante la conservación en frutos de estado de madurez 4 (A) y 5 (B) y conservados a 12 °C (●) ó 20 °C (○). La barra vertical representa el valor LSD ($p=0.05$).

4.1.3 Componentes Bioactivos

4.1.3.1 Vitamina C

En el momento de la recolección, los frutos cosechados en grado 4 presentaron un contenido de vitamina C menor que los de grado 5 con valores de 1.46 y 1.64 mg 100 g⁻¹ PF, respectivamente (Tabla 15).

Tabla 15

Vitamina C en pitahaya en frutos de estado de madurez 4 y 5. Diferentes letras indican diferencias estadísticas (p=0.05).

Día	Temperatura (°C)	Vitamina C (mg/ 100g PF)	
		Grado 4	Grado 5
0		1.46 ± 0.04 ^b	1.64 ± 0.03 ^a
4	12°C	0.96 ± 0.07 ^c	0.94 ± 0.03 ^c
4	20°C	0.92 ± 0.02 ^c	0.78 ± 0.03 ^d

¹Superíndices con letra distinta, difieren significativamente (p<0.05).

² Estado de madurez: 4 (fruto de color amarillo con las puntas de las mamilas ligeramente de color verde) y grado 5 (fruto totalmente de color amarillo)

Después de 4 días de conservación, se observó una disminución significativa del contenido de vitamina C para ambos estados de madurez y temperaturas siendo los frutos almacenados a 20 °C los que presentaron una mayor pérdida de vitamina C, a partir de este día, el contenido de vitamina C continuó disminuyendo en todos los frutos hasta valores no detectables por el HPLC.

En general en especies *Hylocereus*, se ha observado que el contenido de ácido ascórbico (vitamina C) tanto de pulpa blanca como roja es bajo oscilando entre 12-17 mg 100 g⁻¹ PF (To, Nge, Duc, & Huong, 2002), mientras que otras especies de cactus como la tuna, tienen un contenido muy superior de vitamina C (Le Bellec & Vaillant, 2011). Los valores encontrados en la variedad Palora son aún más bajos a lo reportado por estos autores, esta diferencia puede deberse a diferencias del genotipo y a prácticas culturales (Kafkas, Kosar, Paydas, Kafkas, & Baser, 2007).

La evolución de la vitamina C durante la maduración y la conservación es variable, ya que en muchas especies se ha visto que aumenta y en otras disminuye. Así, una pérdida de ácido ascórbico se ha encontrado en las uvas, brócoli (Serrano, y otros, 2006), y la manzana (Carbone, Giannini, Picchi, Lo Scalzo, & Cecchini, 2011). Sin tomar el bajo contenido de vitamina C presentado en la variedad Palora, se observó que hubo una disminución importante de la vitamina C después de 4 días de la cosecha. Resultados similares se observaron en pitahaya roja cosechada en tres estados de madurez en la que el contenido de vitamina C disminuyó durante el almacenamiento a 20 °C.

4.1.3.2 Capacidad Antioxidante

Durante la conservación hubo diferencias significativas entre estados de madurez y días, además existió una interacción entre estados de madurez y temperatura (Tabla 16).

Los frutos de pitahaya presentaron en la cosecha una capacidad antioxidante similar en el estado de madurez 4 y 5 de 347.8 y 361.6 $\mu\text{mol Trolox } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente.

Tabla 16

Valor de F y nivel de p del ANOVA para la capacidad antioxidante durante la conservación con factores: madurez (4 y 5); temperatura (12 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Madurez	1	4.785	0.036135 *
Temperatura	1	3.186	0.083742
Días	3	9.744	0.000102 ***
Madurez:Temperatura	1	11.829	0.001640 **
Madurez:Días	3	1.834	0.160805
Temperatura:Días	3	0.368	0.776301
Madurez:Temperatura:Días	3	1.854	0.157315
Residuals	32		

¹Signif. códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

² Estado de madurez: 4 (fruto de color amarillo con las puntas de las mamilas ligeramente de color verde) y grado 5 (fruto totalmente de color amarillo).

La capacidad antioxidante en los frutos cosechados en estado 4 y almacenados a 12 °C disminuyó significativamente alcanzando valores de 255 $\mu\text{mol Trolox } 100 \text{ g}^{-1}$ PF a los 11 días, mientras que, en los frutos a 20 °C se mantuvo sin cambios con valores más altos (349 $\mu\text{mol Trolox } 100 \text{ g}^{-1}$ PF) que a 12 °C. En el grado 5, la capacidad antioxidante disminuyó para ambas temperaturas, siendo los frutos a 12°C los que presentaron una mayor capacidad antioxidante de 270 $\mu\text{mol Trolox } 100 \text{ g}^{-1}$ PF al final del almacenamiento (Figura 26).

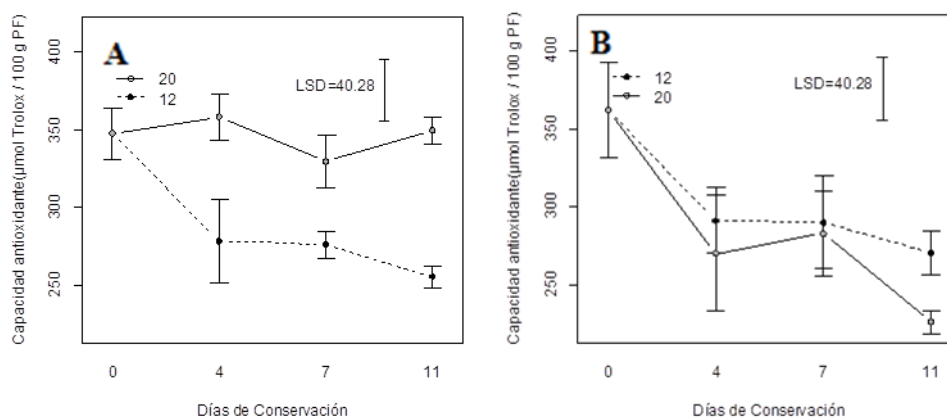


Figura 26. Capacidad antioxidante ($\mu\text{mol Trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ PF}$) en pitahaya durante la conservación en frutos de estado de madurez 4 (A) y 5 (B) y conservados a $12 \text{ }^\circ\text{C}$ (●) ó $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (○). La barra vertical representa el valor LSD ($p=0.05$). La barra vertical representa el valor LSD ($p=0.05$).

4.1.3.3 Polifenoles solubles totales

El contenido de polifenoles solubles totales presentó diferencias significativas para los días de conservación, existiendo además una interacción entre estado de madurez y temperatura (Tabla 17).

Tabla 17 Valor de F y nivel de p del ANOVA los polifenoles solubles totales durante la conservación con factores: madurez (4 y 5); temperatura (12 y $20 \text{ }^\circ\text{C}$) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)	
Madurez	1	0.343	0.5624	
Temperatura	1	0.805	0.3763	
Días	3	15.146	2.61e-06	***
Madurez:Temperatura	1	4.848	0.0350	*
Madurez:Días	3	1.610	0.2063	
Temperatura:Días	3	0.788	0.5094	
Madurez:Temperatura:Días	3	2.757	0.0584	
Residuals	32			

¹Signif. códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

² Estado de madurez: 4 (fruto de color amarillo con las puntas de las mamilas ligeramente de color verde) y grado 5 (fruto totalmente de color amarillo).

Los polifenoles en la pitahaya fueron de $75 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1} \text{ PF}$ a la cosecha para ambos estados de madurez. Durante la conservación, los frutos presentaron una

disminución del contenido de polifenoles a partir del día 4 en el grado 4 y en el día 7 en el grado 5 (Figura 27).

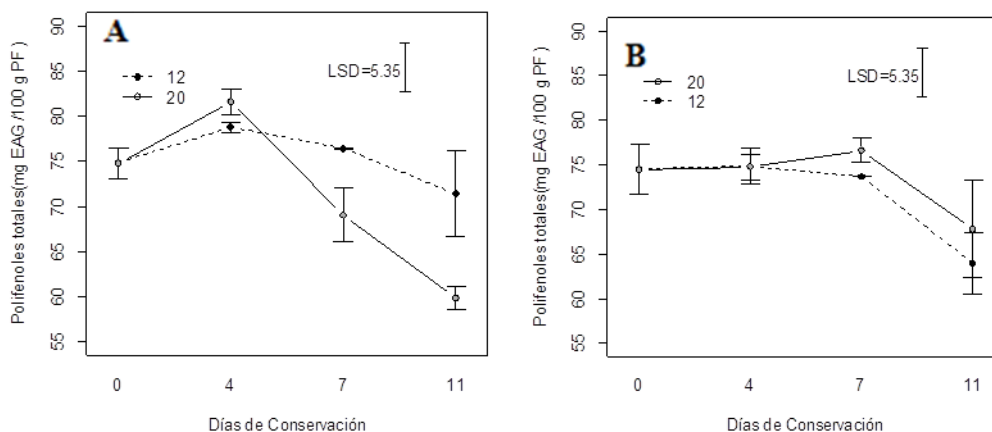


Figura 27. Polifenoles solubles totales (mg EAG 100⁻¹ g⁻¹) durante la conservación en frutos de estado de madurez 4 (A) y 5 (B) y conservados a 12 °C (●) ó 20 °C (○). La barra vertical representa el valor LSD (p=0.05).

La pitahaya en estado 4 y almacenada a 12 °C presentó valores significativamente más altos de polifenoles que los frutos a 20 °C de 71.4 y 60.0 mg EAG 100 g⁻¹ respectivamente, al final del almacenamiento. En el grado 5, los frutos a 12 y 20 °C no presentaron diferencias y alcanzaron valores de 66 mg EAG 100g⁻¹ después de 11 días.

Diversos estudios han reportado un contenido de polifenoles solubles en otras variedades pitahaya en un rango de 40–50 mg EAG /100 g PF (Mahattanatawee, y otros, 2006); (Moo-Huchin, y otros, 2014); (Wu, y otros, 2006). Los valores encontrados en la variedad Palora fueron más altos a lo reportado por estos autores.

Al igual que la vitamina C, el comportamiento de los polifenoles durante la maduración es variable entre especies. Así, los polifenoles aumentaron a medida que la madurez avanza en cerezas, ciruelas, mientras que en el tomate se produce una disminución. En el caso de la pitahaya, los resultados también son variables. El contenido de polifenoles durante la maduración en la variedad Palora presentó una disminución en los 2 estados de madurez y en las dos temperaturas, mientras que en la pitahaya roja se observó que durante el almacenamiento en frío a 3, 7 y 11 °C no presentó cambios y tendieron a incrementar con el tiempo de almacenamiento y cuando se transfirió los frutos a temperaturas ambiente.

4.1.3.4 β -carotenos

El contenido de β -caroteno en pitahaya a la cosecha presentó valores muy bajos de $0.0037 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ PF para los dos estados de madurez. Debido a que los valores fueron cercanos a cero no se realizó análisis posteriores para esta variable.

4.1.4 Correlación entre el contenido de compuestos bioactivos y calidad en pitahaya.

Las correlaciones en pitahaya se realizaron al día de la cosecha, y día 11 de conservación.

4.1.4.1 Correlación entre el contenido de compuestos bioactivos y calidad en pitahaya a la cosecha.

Tabla 18

Correlación de la calidad físico-química y compuestos bioactivos a la cosecha en pitahaya cosechada en 2 estados de madurez (4 y 5)

	Peso	Calibre	°Hue	Firmeza	°Brix	AT	IM	Vitamina C	Antiox	Polifenoles	Beta carotenos
Peso	1.00	0.22	0.08	0.72	-0.49	0.24	-0.35	0.09	0.00	-0.03	0.71
Calibre	0.22	1.00	-0.51	-0.15	0.22	0.25	-0.14	0.42	-0.09	0.08	0.10
Color	0.08	-0.51	1.00	0.74	-0.69	0.37	-0.46	-0.45	-0.04	-0.87	-0.24
Firmeza	0.72	-0.15	0.74	1.00	-0.82	0.48	-0.61	-0.18	0.03	-0.66	0.34
°Brix	-0.49	0.22	-0.69	-0.82	1.00	-0.78	0.88	-0.07	-0.28	0.70	-0.27
AT	0.24	0.25	0.37	0.48	-0.78	1.00	-0.98	0.53	0.53	-0.68	0.23
IM	-0.35	-0.14	-0.46	-0.61	0.88	-0.98	1.00	-0.44	-0.50	0.70	-0.28
Vitamina C	0.09	0.42	-0.45	-0.18	-0.07	0.53	-0.44	1.00	0.84	0.18	0.61
Antioxidantes	0.00	-0.09	-0.04	0.03	-0.28	0.53	-0.50	0.84	1.00	-0.03	0.61
Polifenoles	-0.03	0.08	-0.87	-0.66	0.70	-0.68	0.70	0.18	-0.03	1.00	0.29
Beta carotenos	0.71	0.10	-0.24	0.34	-0.27	0.23	-0.28	0.61	0.61	0.29	1.00

† Nivel de significación observado de la prueba F para el tratamiento ($p < 0.05$).

A la cosecha existió una correlación entre color y firmeza; esto se debe a que los frutos de grado 4 presentaron valores más altos para estas dos variables en comparación con los frutos de grado 5, es decir, a mayor firmeza existieron también valores más altos en °Hue. La correlación entre SST y el IM se debe a que a mayor cantidad de SST el IM es mayor; así los frutos de grado 5 fueron los que presentaron valores más altos. Para compuestos bioactivos la correlación de vitamina C con la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles está dada por la mayor cantidad que existe de estas variables en los frutos de grado 4 (Tabla 18). Wu *et al.* (2006) encontró una correlación entre la capacidad antioxidante y polifenoles; ya que a medida que los polifenoles aumentaron la capacidad antioxidante se incrementó 4.8 veces más. Esquivel *et al.* (2005) encontró una correlación directa entre el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante; contrario a este estudio en donde no se encontró una correlación entre capacidad antioxidante y polifenoles.

4.1.4.2 Correlación entre el contenido de compuestos bioactivos y calidad en pitahaya a los 11 días de conservación.

Al final de la conservación se observó una correlación entre firmeza y acidez titulable; esto es debido a que no hubo cambios importantes en la firmeza, mientras que la acidez titulable disminuyó en los frutos de grado 5. No existieron correlaciones entre los diferentes componentes bioactivos (Tabla 19).

Tabla 19

Correlación de la calidad físico-química y compuestos bioactivos a los 11 días de conservación en pitahaya cosechada en 2 estados de madurez (4 y 5) y temperatura (12 y 20 °C)

	Peso	Calibre	Color	Firmeza	°Brix	AT	IM	Antioxidantes	Polifenoles
Peso	1.00	0.75	-0.30	0.28	0.69	0.46	0.00	-0.50	0.14
Calibre	0.75	1.00	-0.68	0.41	0.78	0.50	-0.01	-0.72	0.42
Color	-0.30	-0.68	1.00	-0.37	-0.43	-0.46	0.24	0.44	-0.70
Firmeza	0.28	0.41	-0.37	1.00	0.42	0.62	-0.46	0.05	-0.04
°Brix	0.69	0.78	-0.43	0.42	1.00	0.57	0.09	-0.48	0.19
AT	0.46	0.50	-0.46	0.62	0.57	1.00	-0.76	0.14	0.06
IM	0.00	-0.01	0.24	-0.46	0.09	-0.76	1.00	-0.54	0.01
Antioxidantes	-0.50	-0.72	0.44	0.05	-0.48	0.14	-0.54	1.00	-0.42
Polifenoles	0.14	0.42	-0.70	-0.04	0.19	0.06	0.01	-0.42	1.00

† Nivel de significación observado de la prueba F para el tratamiento ($p < 0.05$).

4.2 Estudio de la Guayaba (*Psidium guajava*)

4.2.1 Caracterización de parámetros físico-químicos a la cosecha

Los resultados de las variables físico-químicas a la cosecha de la guayaba variedad Palmira recolectada en grados de madurez 2 (fruto de color verde con leves tonos amarillos, consistencia firme) y 4 (fruto de color amarillo con leves tonos verdes, consistencia moderadamente blanda) se presentan en el Tabla 20.

Tabla 20

Parámetros físico-químicos a la cosecha en guayaba cosechada en dos estados de madurez 2 y 4.

	Grado 2	Grado 4
Peso (g)	128.73 ± 31.50 ^b	136.11 ± 22.95 ^a
Calibre (cm)	5.70 ± 0.40 ^b	6.0 ± 0.50 ^a
Firmeza (N)	66.13 ± 29.97 ^a	28.33 ± 11.14 ^b
Color (a*)	-0.87 ± 6.02 ^b	8.65 ± 7.44 ^a
Sólidos solubles (Brix)	7.55 ± 0.55 ^a	7.32 ± 1.09 ^a
Acidez titulable (% ácido cítrico)	0.61 ± 0.04 ^a	0.50 ± 0.04 ^b
Índice de madurez	12.35 ± 1.09 ^b	14.88 ± 2.55 ^a

^aSuperíndices con letra distinta, difieren significativamente (p<0.05).

Estado de madurez: 2 (fruto de color verde con leves tonos amarillos, consistencia firme) y 4 (fruto de color amarillo con leves tonos verdes, consistencia moderadamente blanda).

El análisis de varianza indica diferencias significativas (P<0.05) en todas las variables a excepción de los sólidos solubles, demostrando que los dos estados de madurez estaban claramente diferenciados.

Los frutos de grado 2 presentaron un menor peso y calibre en comparación con los frutos más maduros (grado 4) (Figura 28), esto pudo deberse a que frutos con menor grado de madurez aún no desarrollan su tamaño definitivo. La firmeza fue significativamente mayor en los frutos de grado 2, ya que para estos frutos los niveles de pectinas en la pared del pericarpio es elevada (Hamson, 1952).



Figura 28. Tamaño y color de la guayaba a la cosecha, estado de madurez 2 (izquierda) y 4 (derecha).

La coordenada a^* (variación de color verde-rojo) fue diferente entre los grados de madurez. Los frutos de grado 2 presentaron valores negativos de a^* (mayor color verde) mientras que los frutos de grado 4 presentaron valores positivos de a^* (menor color verde) (Figura 28). La evolución de la coordenada a^* de valores negativos a cercanos a cero indica una disminución paulatina del color verde por madurez del fruto.

El contenido de sólidos solubles fue similar para los dos estados de madurez, pero la acidez fue significativamente diferente. Los frutos de grado 2 tuvieron una acidez más elevada que concuerda con su estado de maduración, y como consecuencia el índice de madurez fue menor que en el grado 4.

4.2.2 Parámetros físico-químicos durante la conservación

4.2.2.1 Porcentaje de pérdida de peso

Durante la conservación, los frutos presentaron una tendencia lineal en el aumento de la pérdida de peso conforme avanzó el proceso de maduración presentando diferencias significativas entre grados de madurez, temperaturas y días de conservación, además existió una interacción entre temperatura y días (Tabla 21).

Tabla 21

Valor de F y nivel de p en los resultados de ANOVA para el % de pérdida de peso durante la conservación con factores: madurez (2 y 4); temperatura (10 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Cosecha	1	4857	0.0304
Madurez	1	5.098	0.0267 *
Temperatura	1	92.772	5.71e-15 ***
Días	3	184.605	< 2e-16 ***
Madurez:Temperatura	1	0.091	0.7637
Madurez:Días	3	0.721	0.5423
Temperatura:Días	3	32.281	1.01e-13 ***
Madurez:Temperatura:Días	3	0.741	0.5307
Residuals	79		

¹Signif. códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

²Estado de madurez: 2 (fruto de color verde con leves tonos amarillos, consistencia firme) y 4 (fruto de color amarillo con leves tonos verdes, consistencia moderadamente blanda).

Las guayabas almacenadas a 20 °C presentaron una mayor pérdida de peso con un 7 y 13% después de 7 y 11 días mientras que los frutos a 10 °C presentaron una pérdida de peso menor al 6% (Figura 29) durante todo el almacenamiento.

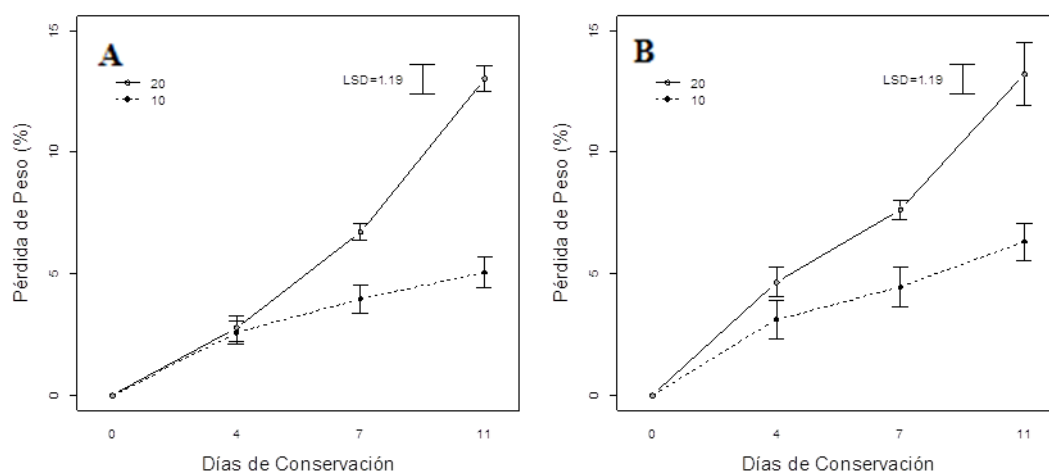


Figura 29. Pérdida de peso (%) en guayaba durante la conservación en frutos de estado de madurez 2 (A) y 4 (B) conservados a 10 °C (●) ó 20 °C (○). La barra vertical representa el valor LSD (p=0.05).

La pérdida de peso es un problema que afecta la calidad postcosecha en la guayaba. Diversos estudios demuestran que la guayaba puede perder 10-20% de su

peso inicial durante 6-8 días de vida útil dependiendo de la temperatura y la humedad relativa del medio ambiente (Sighn, 2011). En este sentido, los resultados obtenidos indican que la pérdida de peso durante el almacenamiento en condiciones ambientales fue más rápida y más alta en comparación con el almacenamiento en frío. Se observó además que la pérdida de peso afectó significativamente la apariencia visual y la calidad de los frutos ya que a los 11 días de conservación algunos frutos de grado 2 a 20 °C presentaron pérdida de brillo y de turgencia, desecación y en algunos casos arrugamiento, síntomas propios de un porcentaje alto de pérdida de agua y transpiración, por ser la guayaba un fruto climatérico.

Por otro lado, se observó que la pérdida de peso no fue dependiente del estado de madurez. Resultados similares reportaron (Suárez, Pérez, & Giménez, 2009) en guayaba tipo ‘Criolla Roja’ en la que no se observó diferencias en pérdida de peso durante la conservación en frutos cosechados en madurez fisiológica (100% color verde) y pintona (80% color verde y 20% coloreada)

4.2.2.2 Firmeza

Durante la conservación, los frutos perdieron firmeza conforme pasaron los días presentando diferencias significativas entre estados de madurez, temperatura y días de conservación, además existieron interacciones entre estados de madurez y días; y temperatura y días (Tabla 22).

Tabla 22

Valor de F y nivel de p del ANOVA para la firmeza durante la conservación con factores: madurez (2 y 4); temperatura (10 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Cosecha	1	53.425	5.72e-13
Madurez	1	507.059	< 2e-16 ***
Tempera	1	10.542	0.00121 **
Días	3	67.101	< 2e-16 ***
Madurez:Tempera	1	0.416	0.51916
Madurez:Días	3	10.235	1.23e-06 ***
Tempera:Días	3	2.988	0.03030 *
Madurez:Tempera:Días	3	1.037	0.37551
Residuals	943		

¹Signif. códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

²Estado de madurez: 2 (fruto de color verde con leves tonos amarillos, consistencia firme) y 4 (fruto de color amarillo con leves tonos verdes, consistencia moderadamente blanda).

Los frutos de grado 2 y conservados a 10 y 20 °C presentaron una pérdida de casi la mitad de la firmeza inicial llegando a valores de 39.05 y 27.39 N respectivamente a los 11 días. Los frutos de grado 4 presentaron una firmeza significativamente menor que los de grado 2 presentando valores más altos los frutos a 10°C (16.91 N) en comparación a los de 20°C (10.53 N) (Figura 30).

A los 11 días, se observó que los frutos de grado 4 almacenados a 20 °C fueron demasiados blandos y no aptos para el consumo presentando mal sabor. Además en estos frutos, un 22% presentaron pudrición. (Gutiérrez, Dussan, & Casto, 2012), indicó que a medida que avanza el proceso de maduración y el tiempo de almacenamiento, el fruto presenta menores valores de firmeza.

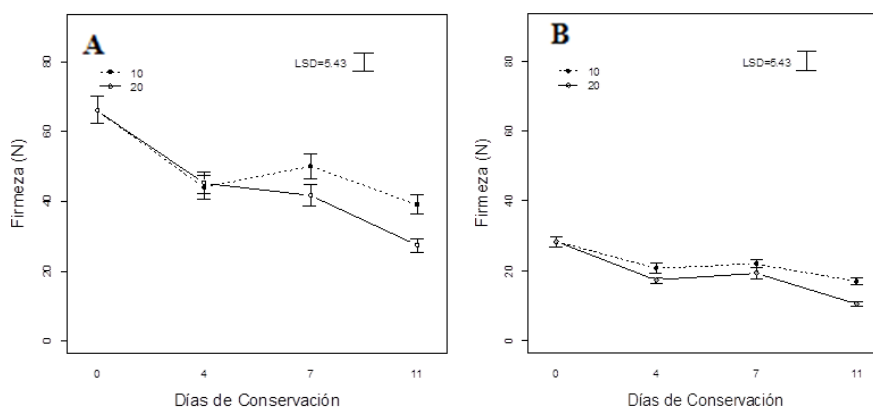


Figura 30. Firmeza (N) en guayaba durante la conservación en frutos de estado de madurez 2 (A) y 4 (B) y conservados a 10 °C (●) ó 20 °C (○). La barra vertical representa el valor LSD ($p=0.05$).

(Espinal, 2010), señaló que el comportamiento de firmeza en guayaba Palmira presentó una disminución significativa en etapa de verde a semi madura, como sucedió en el grado 2, y se mantuvo constante para frutos maduros, sugiriendo que la guayaba variedad Palmira es la más resistente comparada con guayaba Regional roja y blanca

4.2.2.3 Color

Durante la conservación los frutos presentaron un aumento de color en la coordenada a^* , presentando diferencias significativas entre estados de madurez, temperatura y días de conservación, además existió una interacción entre estados de madurez, temperaturas y días de conservación (Tabla 23).

Tabla 23

Valor de F y nivel de p en los resultados de ANOVA para el color a^* durante la conservación con factores: madurez (2 y 4); temperatura (10 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Madurez	1	227.610	< 2e-16
Tempera	1	80.681	< 2e-16 ***
Días	2	60.713	< 2e-16 ***
Madurez:Tempera	1	16.922	4.87e-05 ***
Madurez:Días	2	0.250	0.77932
Tempera:Días	2	31.852	1.98e-13 ***
Madurez:Tempera:Días	2	6.063	0.00258 **
Residuals	348		

¹Signif. códigos: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 ' ' 0.1 ' ' 1

²Estado de madurez: 2 (fruto de color verde con leves tonos amarillos, consistencia firme) y 4 (fruto de color amarillo con leves tonos verdes, consistencia moderadamente blanda).

La evolución del color a^* en frutos de grado 2 paso de valores negativos cercanos a cero en la cosecha (-0.87) a valores positivos de a^* de 3.91 a 10 °C y 10.81 a 20 °C a los 7 días de conservación. En los frutos de grado 4 a 10 °C no se observó cambios de color durante los días de almacenamiento y a 20 °C hubo un aumento del color pasando de valores de a^* de 8.64 a 26.34 en los 7 días de conservación (Figura 31).

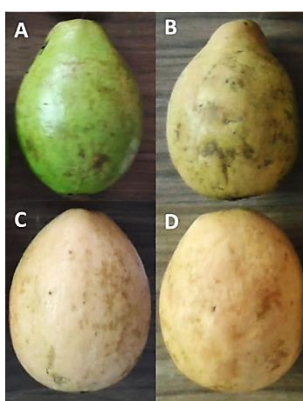


Figura 31. Color en guayaba a los 11 días de conservación, estado de madurez 2 a 10°C (A) y 20 °C (B), estado de madurez 4 a 10°C (C) y 20 °C (D).

Los resultados obtenidos en las diferentes evaluaciones demuestran que la evolución del color en los frutos almacenados a 20 °C fue más acelerado que a 10 °C en el que el color de los frutos se mantuvo (Figura 32). Esto demuestra el efecto que tiene la reducción de la temperatura en la actividad fisiológica del fruto reflejado en su apariencia externa, y en el mantenimiento del color.

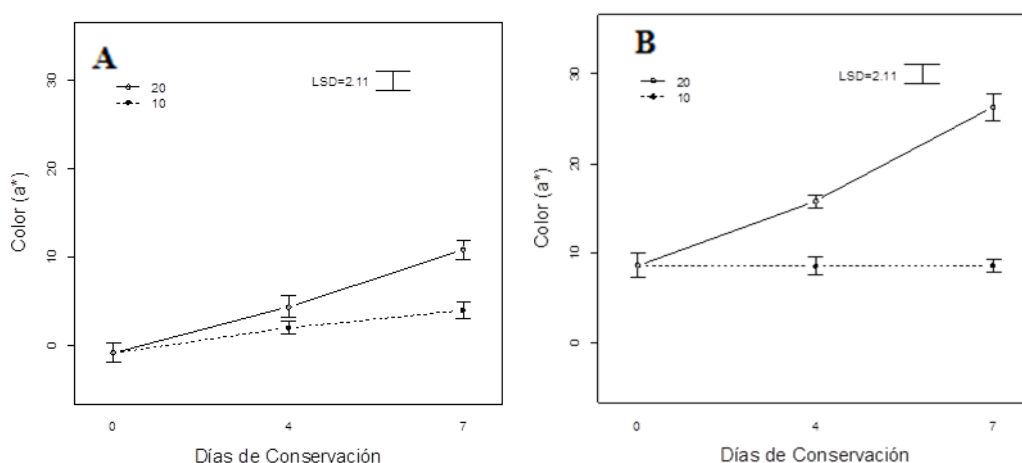


Figura 32. Color (a^*) en guayaba durante la conservación en frutos de estado de madurez 2 (A) y 4 (B) y conservados a 10 °C (●) ó 20 °C (○). La barra vertical representa el valor LSD ($p=0.05$).

(González I. , 2010) reportó cambios de color externo en a^* para guayaba Palmira en tres estados de madurez, -0.21 ± 1.45 para frutos 100% verdes, 5.90 ± 2.31 en frutos 50% amarillos y 8.88 ± 1.09 en 100% amarillos, recalando que la coordenada a^* es el parámetro que más se afecta a la maduración ya que va de valores negativos en tonos verdosos de la fruta a valores positivos para tonos rojizos.

4.2.2.4 Respiración

Durante la conservación se observaron diferencias significativas entre estados de madurez, temperatura y días, además existió una interacción entre temperatura y días (Tabla 24).

Tabla 24

Valor de F y nivel de p en los resultados de ANOVA para la respiración durante la conservación con factores: madurez (2 y 4); temperatura (10 y 20 °C) y días (0, 1, 3, 5 y 7).

	Df	F Value	Pr (>F)
Madurez	1	9.621	0.00322
Temperatura	1	121.252	9.84e-15 ***
Días	5	34.631	8.03e-15 ***
Madurez:Temperatura	1	0.174	0.67826
Madurez:Días	5	0.484	0.78664
Temperatura:Días	5	9.556	2.25e-06 ***
Madurez:Temperatura:Días	5	0.883	0.49975
Residuals	48		

¹Signif. códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

²Estado de madurez: 2 (fruto de color verde con leves tonos amarillos, consistencia firme) y 4 (fruto de color amarillo con leves tonos verdes, consistencia moderadamente blanda).

Después de la cosecha, se observa que la respiración se incrementó progresivamente conforme pasaron los días de conservación y que además estuvo fuertemente influenciada por la temperatura. En el almacenamiento a 20°C, el ascenso climatérico se inició inmediatamente después de la cosecha y el pico se presentó a los 9 días, produciendo una tasa de respiración de $241 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (2.5 -3 veces más alto en comparación con el día 0). La producción de CO_2 fue

similar en los frutos de grado de 2 y 4 y conservados a 10 °C y su aumento fue progresivo durante el almacenamiento, aunque se presentó un pequeño pico después de 9 días llegando a valores a 138.27 mg CO₂. kg⁻¹. h⁻¹. (Figura 33). En general, la respiración fue más alta en los frutos más maduros (grado 4), el índice Q₁₀ determina que para cada aumento de temperatura en 10°C la TR en frutos almacenados se duplica (Viñas, y otros, 2013), este comportamiento es propio de un fruto climatérico.

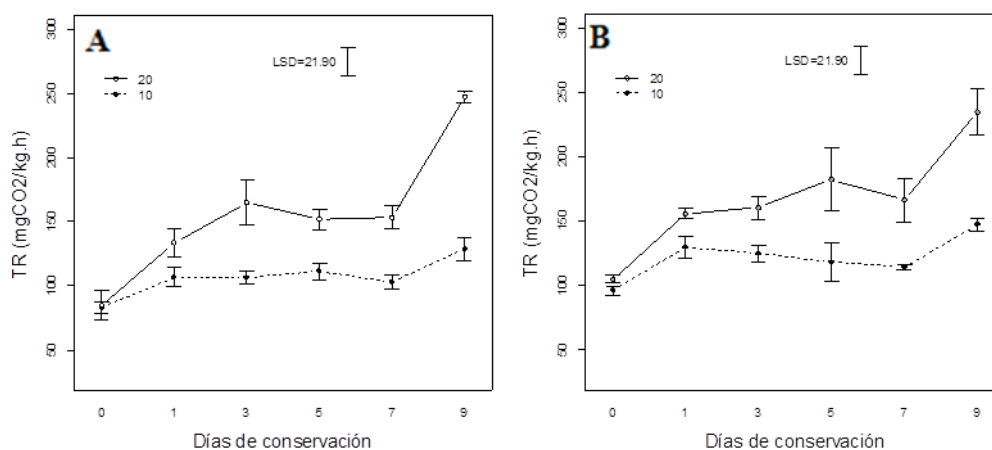


Figura 33. Tasa de respiración en guayaba durante la conservación en frutos de estado de madurez 2 (A) y 4 (B) y conservados a 10 °C (●) ó 20 °C (○). La barra vertical representa el valor LSD (p=0.05)

Dentro de las variedades de la guayaba se presentan valores de TR entre 31 y 1.400 mg de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. De acuerdo con esto, la variedad Palmira presenta niveles de producción de CO₂ moderado, resultado que concuerda con lo reportado por Kader y Yahía (2011) que señalaron que esta fruta tiene una producción de CO₂ de 70 a 150 mg de CO₂. kg⁻¹. h⁻¹. Estos autores señalaron además que la guayaba presenta un pico climatérico respiratorio entre los días 3 y 12 después de la cosecha lo que coincide con lo reportado en este estudio.

4.2.2.5 Sólidos solubles totales

Durante la conservación, los sólidos solubles totales (SST) se mantuvieron constantes en todos los frutos durante todo el tiempo de almacenamiento, encontrando diferencias significativas entre estados de madurez y días (Tabla 25).

Tabla 25

Valor de F y nivel de p del ANOVA para los sólidos solubles totales durante la conservación con factores: madurez (2 y 4); temperatura (10 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Cosecha	1	5.290	0.0226
Madurez	1	9.750	0.0021 **
Temperatura	1	0.633	0.4275
Días	3	3.364	0.0200 *
Madurez:Temperatura	1	0.997	0.3193
Madurez:Días	3	0.035	0.9910
Temperatura:Días	3	0.383	0.7653
Madurez:Temperatura:Días	3	1.397	0.2453
Residuals	175		

¹Signif. códigos: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 * 0.1 ' 1

²Estado de madurez: 2 (fruto de color verde con leves tonos amarillos, consistencia firme) y 4 (fruto de color amarillo con leves tonos verdes, consistencia moderadamente blanda).

Al final de la conservación, los frutos de grado 2 presentaron valores de 7.57 °Brix y los de grado 4 de 7.29 °Brix (Figura 34).

Los resultados obtenidos en varios trabajos demuestran que los SST aumentan con el avance del periodo poscosecha presentando valores en guayaba que oscilan entre 5.0 y 13.2 °Brix (Parra, 2014). Al respecto, (González I., 2010), encontró que los SST en la variedad Palmira ICA-1 aumentaron durante el proceso de maduración (valores entre 8.5 y 9.5 °Brix), resultados que no concuerdan con los obtenidos en el presente estudio.

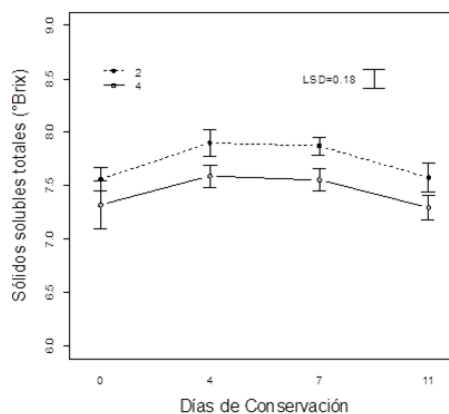


Figura 34. Sólidos solubles (°Brix) en guayaba durante la conservación en frutos de estado de madurez 2 (●) y 4 (○). Dado que no se observaron diferencias significativas entre temperaturas, los valores representan las medias de dos diferentes temperaturas (10 y 20 °C). La barra vertical representa el valor LSD (p=0.05).

4.2.2.6 Acidez titulable

Durante la conservación, el grado de madurez y los días presentaron diferencias significativas sobre los valores de acidez titulable (AT), además existió una interacción entre estos factores (Tabla 26).

Tabla 26

Valor de F y nivel de p del ANOVA para la acidez titulable durante la conservación con factores: madurez (2 y 4); temperatura (10 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Cosecha	1	3.432	0.0656
Temperatura	1	0.601	0.4393
Madurez	1	200.036	< 2e-16 ***
Días	3	14.091	2.87e-08 ***
Temperatura:Madurez	1	1.714	0.1922
Temperatura:Días	3	0.318	0.8125
Madurez:Días	3	11.809	4.41e-07 ***
Temperatura:Madurez:Días	3	1.018	0.3863
Residuals	175		

¹Signif. códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

²Estado de madurez: 2 (fruto de color verde con leves tonos amarillos, consistencia firme) y 4 (fruto de color amarillo con leves tonos verdes, consistencia moderadamente blanda).

Los frutos de grado 2 presentaron un aumento progresivo de la AT alcanzando valores de 0.74% en los 7 y 11 días de conservación. La acidez en frutos de grado 4 aumentó a 0.59% a los 4 días y a partir de ahí disminuyó significativamente a 0.48% en el último día de conservación (Figura 35).

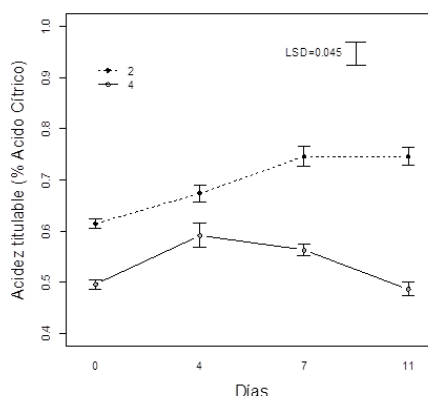


Figura 35. Acidez titulable (% ácido cítrico) en guayaba durante la conservación en frutos de estado de madurez 2 (●) y 4 (○). Dado que no se observaron diferencias significativas entre temperaturas, los valores representan las medias de dos diferentes temperaturas (10 y 20 °C). La barra vertical representa el valor LSD (p=0.05).

Los resultados obtenidos en varios estudios en guayaba demuestran que el comportamiento de la AT durante la maduración no son coincidentes para las diferentes variedades. Según varios autores (Bashir & Abu-Goukh, 2003) la AT aumenta hasta el climaterio y luego disminuye, mientras que otros autores reportan que la AT disminuye durante la poscosecha (Cavalini, Jacomino, Lochoski, Kluge, & Ortega, 2006); (Solarte, Hernández, Morales, Fernández, & Melgarejo, 2010) o permanece constante (Cavalini, Jacomino, Lochoski, Kluge, & Ortega, 2006) cuando el fruto se almacena a baja temperatura, con valores que oscilan entre 0.15 y 1.21%. En este estudio, el comportamiento de la AT durante la maduración no está del todo claro ya que dependió del estado de madurez, sin embargo, se observa que el aumento de AT en los frutos de grado de madurez 2 coincide con el aumento de la respiración. Mientras que la AT en los frutos de grado de madurez 4 disminuyó progresivamente a partir del día 4. La disminución de los ácidos orgánicos puede deberse a que son utilizados como sustrato en la respiración (Wills, McGlasson, & Joyce, 1998).

4.2.2.7 Índice de madurez (IM)

Durante el periodo de conservación, el IM presentó diferencias significativas, e interacción entre los estados de madurez y días de conservación (Tabla 27).

Tabla 27

Valor de F y nivel de p del ANOVA para el índice de madurez durante la conservación con factores: madurez (2 y 4); temperatura (10 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Cosecha	1	0.678	0.411562
Madurez	1	126.518	< 2e-16 ***
temperatura	1	0.368	0.544792
Días	3	5.884	0.000754 ***
Madurez:temperatura	1	0.206	0.650857
Madurez:Días	3	8.470	2.76e-05 ***
temperatura:Días	3	0.913	0.436106
Madurez:temperatura:Días	3	0.386	0.763110
Residuals	175		

¹Signif. códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

²Estado de madurez: 2 (fruto de color verde con leves tonos amarillos, consistencia firme) y 4 (fruto de color amarillo con leves tonos verdes, consistencia moderadamente blanda).

En la guayaba de grado 2 y conservada a 10 y 20 °C su IM disminuyó significativamente hasta llegar a valores de 10.25 a los 11 días de almacenamiento. Esta disminución se debió al aumento de la acidez titulable y a que los SST no se incrementaron, por lo que en estos frutos el IM es un indicador de calidad. Por el contrario, el IM de los frutos de grado 4 disminuyó al cuarto día de análisis pero a partir de ahí aumentó hasta valores de 15.25 al final de la conservación (Figura 36), esto indica que los frutos presentaron una mejor calidad comestible. (Suárez, Pérez, & Giménez, 2009) mencionan que frutos con IM más altos presentan mejor calidad comestible.

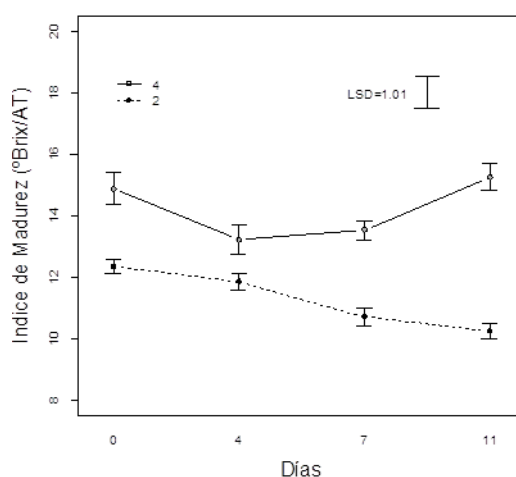


Figura 36. Índice de madurez durante la conservación en frutos de estado de madurez 2 (●) y 4 (○). Dado que no se observaron diferencias significativas entre temperaturas, los valores representan las medias de dos diferentes temperaturas (10 y 20 °C). La barra vertical representa el valor LSD ($p=0.05$).

4.2.3 Componentes Bioactivos

4.2.1 Vitamina C

El contenido de vitamina C a la cosecha presentó diferencias significativas entre estados de madurez y días, y una interacción entre las mismas (Tabla 28).

Tabla 28

Valor de F y nivel de p en los resultados de ANOVA para vitamina C durante la conservación con factores: madurez (2 y 4); temperatura (10 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Madurez	1	108.258	8.51e-12 ***
Temperatura	1	2.005	0.16649
Días	3	98.711	2.95e-16 ***
Madurez:Temperatura	1	3.052	0.09023
Madurez:Días	3	4.941	0.00624 **
Temperatura:Días	3	1.231	0.31440
Madurez:Temperatura:Días	3	0.851	0.47635
Residuals	32		

¹Signif. códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

²Estado de madurez: 2 (fruto de color verde con leves tonos amarillos, consistencia firme) y 4 (fruto de color amarillo con leves tonos verdes, consistencia moderadamente blanda).

Los frutos de grado 2 presentaron un contenido de vitamina C de 0.02 mg 100g⁻¹ y los de grado 4 de 22.75 mg 100 g⁻¹. Durante la conservación, se observó un incremento de vitamina C a medida que avanzó la maduración para los dos estados de madurez. Después de 11 días, los frutos de grado 2 alcanzaron valores de vitamina C de 46.42 mg 100 g⁻¹ y los de grado 4 continuaron con valores superiores de 55.35 mg 100 g⁻¹ (Figura 37).

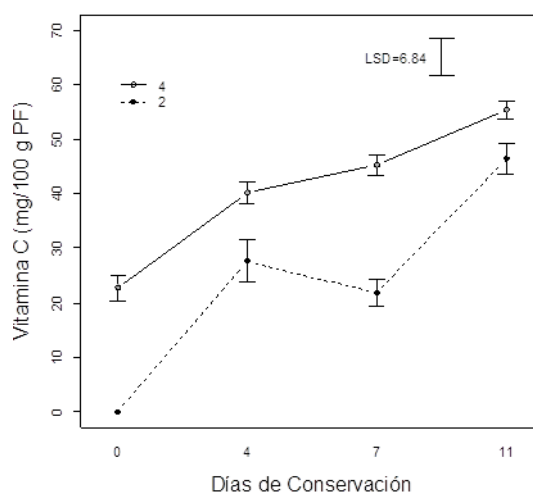


Figura 37. Vitamina C en guayaba durante la conservación en frutos de estado de madurez 2 (●) y 4 (○). Dado que no se observaron diferencias significativas entre temperaturas, los valores representan las medias de dos diferentes temperaturas (10 y 20 °C). La barra vertical representa el valor LSD (p=0.05).

La guayaba se considera una buena fuente de vitamina C. Su contenido varía de 55 hasta 1014 mg 100 g⁻¹ (Restrepo, Narváez, & Restrepo, 2009); (Ali & Lazan, 1998) siendo las variedades de guayaba de pulpa blanca las que presentan las cantidades más altas de vitamina C (Bashir & Abu-Goukh, 2003); (González, Tiznado, Zavaleta, & Martínez, 2004).

El valor máximo alcanzado en la guayaba Palmira fue de alrededor de 55 mg 100 g⁻¹ lo que indica que esta variedad posee un bajo contenido de vitamina C en comparación con otras variedades.

Los resultados obtenidos demuestran un aumento en la vitamina C durante la maduración, tanto para la guayaba de grado 2 como 4, lo que concuerda con lo observado por otros autores (Soares y otros 2005); (González, Tiznado, Zavaleta, & Martínez, 2004). La biosíntesis de ácido ascórbico en plantas no está del todo entendida, sin embargo se sabe que los precursores son azúcares simples como la galactosa y manosa (Franceschi & Tarlyn, 2002). De acuerdo con esto, la síntesis de la vitamina C observada durante la conservación pudo haber sido llevada a cabo mediante el uso de los carbohidratos almacenados en la fruta. Durante el experimento, no se observó una reducción en el contenido de azúcar, lo que sugiere que había suficiente sustrato disponible para mantener activa una síntesis de esta vitamina durante la conservación.

(Solarte, Hernández, Morales, Fernández, & Melgarejo, 2010) afirman que el contenido de ácido ascórbico no presenta una tendencia clara respecto al estado de madurez de los frutos a la cosecha. En la guayaba Palmira, se observó que el contenido más alto de vitamina C fue mayor en los frutos más maduros lo que concuerda con (Suárez, Pérez, & Giménez, 2009) y por el contrario (Vazquez & Colinas, 1990), reportaron que el contenido de vitamina C fue mayor en frutos cosechados en estado de madurez verde.

4.2.2 Antioxidantes

Durante la conservación, se observó que el contenido de antioxidantes aumentó significativamente en todos los frutos presentando diferencias significativas entre los días (Tabla 29).

Tabla 29

Valor de F y nivel de p en los resultados de ANOVA para antioxidantes durante la conservación con factores: madurez (2 y 4); temperatura (10 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Madurez	1	0.288	0.5951
Temperatura	1	0.469	0.4983
Días	3	16.611	1.1e-06 ***
Madurez:Temperatura	1	2.980	0.0939
Madurez:Días	3	0.910	0.4473
Temperatura:Días	3	1.364	0.2713
Madurez:Temperatura:Días	3	0.916	0.4442
Residuals	32		

¹Signif. códigos: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 * 0.1 ' ' 1

²Estado de madurez: 2 (fruto de color verde con leves tonos amarillos, consistencia firme) y 4 (fruto de color amarillo con leves tonos verdes, consistencia moderadamente blanda).

Los frutos de guayaba presentaron a la cosecha una capacidad antioxidante de 1308.9 y 1584.4 $\mu\text{mol Trolox } 100 \text{ g}^{-1}$ en el grado 2 y 4 respectivamente. Los frutos alcanzaron valores de 2268.59 $\mu\text{mol Trolox } 100 \text{ g}^{-1}$ a los 11 días de conservación (Figura 38).

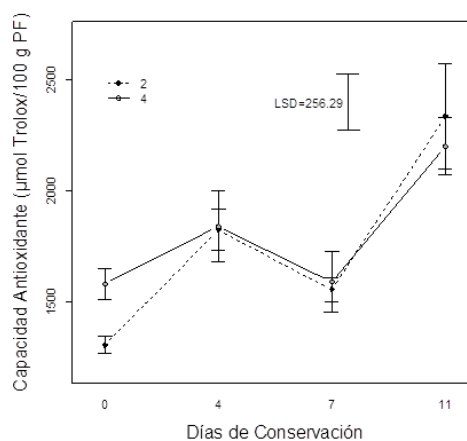


Figura 38. Capacidad antioxidante ($\mu\text{mol Trolox}/ 100\text{g}$) en guayaba durante la conservación en frutos de estado de madurez 2 (●) y 4 (○). Dado que no se observaron diferencias significativas entre temperaturas, los valores representan las medias de dos diferentes temperaturas (10 y 20 °C). La barra vertical representa el valor LSD ($p=0.05$).

(Vasco, Ruales, & Kamal, 2008) confirman que la guayaba tiene una alta capacidad antioxidante ($30 \mu\text{mol } 100\text{g}^{-1}$) a pesar de que su contenido fenólico total es bajo. Así mismo, (Espinal, 2010) reportó en la variedad Palmira valores de 18 a $45 \mu\text{mol Trolox } 100\text{g}^{-1}$, lo que resulta similar con los resultados obtenidos en este estudio.

En la variedad Palmira, la actividad antioxidante aumentó durante la maduración y conservación. Resultados similares se encontraron en arándanos en los que la actividad antioxidante aumentó durante el almacenamiento en frío (Connor, Luby, Tong, Finn, & Hancock, 2002); o en tomate (Nour, Trandafir, & Ionica, 2013) en los que también se pudo observar un aumento de la actividad antioxidante a medida que los frutos maduraron.

4.2.3 Polifenoles solubles totales (PT)

Durante la conservación, hubo diferencias significativas días de conservación, y una interacción entre madurez y días (Tabla 30).

Tabla 30

Valor de F y nivel de p en los resultados de ANOVA para polifenoles durante la conservación con factores: madurez (2 y 4); temperatura (10 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
	Df	F value	Pr(>F)
Madurez	1	0.566	0.45732
Temperatura	1	1.353	0.25342
Días	3	5.835	0.00268 **
Madurez:Temperatura	1	0.960	0.33441
Madurez:Días	3	10.479	5.88e-05 ***
Temperatura:Días	3	1.248	0.30879
Madurez:Temperatura:Días	3	0.832	0.48605
Residuals	32		

¹Signif. códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

²Estado de madurez: 2 (fruto de color verde con leves tonos amarillos, consistencia firme) y 4 (fruto de color amarillo con leves tonos verdes, consistencia moderadamente blanda).

El contenido de polifenoles a la cosecha en los frutos de grado 4 fue significativamente mayor que el grado 2 con valores de 208.9 y 186.5 mg 100 g⁻¹ respectivamente. En el grado 2, los frutos presentaron un aumento del contenido de polifenoles alcanzando valores de 217.54 mg 100 g⁻¹ después de 11 días. Por el contrario, los frutos de grado 4 no presentaron cambios significativos en el contenido de polifenoles a lo largo de toda la conservación (Figura 39). Valores similares de polifenoles solubles a los obtenidos en este estudio han sido reportados en otras variedades guayaba en un rango de 170–462 mg GAE 100g⁻¹ PF (Vasco, Ruales, & Kamal, 2008)

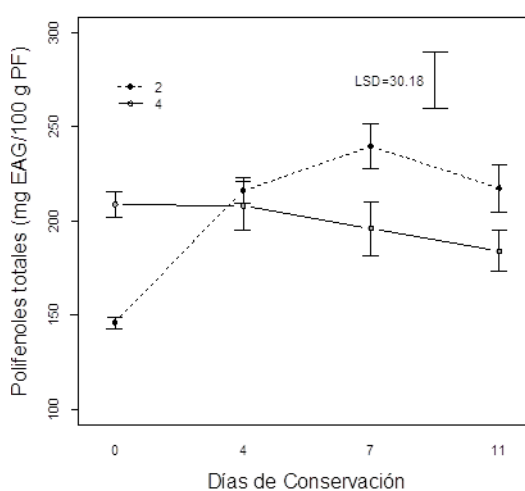


Figura 39. Polifenoles solubles totales (mg ácido gálico / 100g) en guayaba durante la conservación en frutos de estado de madurez 2 (●) y 4 (○). Dado que no se observaron diferencias significativas entre temperaturas, los valores representan las medias de dos diferentes temperaturas (10 y 20 °C). La barra vertical representa el valor LSD (p=0.05).

Diversos trabajos evidencian que los polifenoles disminuyen durante la maduración de la guayaba (Bashir & Abu-Goukh, 2003); (Mowlah & Itoo, 1982). En este sentido, (Bashir & Abu-Goukh, 2003) reportó que los compuestos fenólicos en guayaba blanca y roja disminuyeron progresivamente conforme disminuyó la firmeza en los frutos. El contenido de polifenoles durante la maduración en la variedad Palmira no presentó una tendencia clara ya que en el grado 4 los polifenoles no mostraron cambios y el grado 2 aumentó para luego disminuir. Estos resultados son en parte similares con lo observado por (González, Tiznado, Zavaleta, & Martínez, 2004) en diferentes variedades de guayaba en que el contenido de polifenoles no presento cambios durante la conservación. Resultados contradictorios se observan al

respecto también en otras especies ya que en algunos casos los polifenoles aumentan a medida que la madurez avanza como en la cereza dulce y ciruelas (Serrano, Díaz-Mula, & Valero, 2011) en otros se mantienen como en las manzanas y arándanos (Connor, Luby, Tong, Finn, & Hancock, 2002) y en otros como en el tomate se produce una disminución durante la conservación.

4.2.4 β -carotenos

Durante la conservación, los frutos presentaron un aumento en el contenido de β -carotenos mostrando diferencias significativas entre grados de madurez, temperaturas y días de conservación, además se observó una interacción entre los estados de madurez, temperatura y los días (Tabla 31).

Tabla 31

Valor de F y nivel de p en los resultados de ANOVA para beta carotenos durante la conservación con factores: madurez (2 y 4); temperatura (10 y 20 °C) y días (0, 3, 7 y 11).

	Df	F Value	Pr (>F)
Madurez	1	19.795	9.77e-05 ***
Temperatura	1	18.874	0.000132 ***
Días	3	35.882	2.36e-10 ***
Madurez:Temperatura	1	1.449	0.237468
Madurez:Días	3	2845	0.053121
Temperatura:Días	3	9.420	0.000131 ***
Madurez:Temperatura:Días	3	3.247	0.034619 *
Residuals	32		

¹Signif. códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

²Estado de madurez: 2 (fruto de color verde con leves tonos amarillos, consistencia firme) y 4 (fruto de color amarillo con leves tonos verdes, consistencia moderadamente blanda).

El contenido de β -caroteno a la cosecha fue de 0.05 mg 100 g⁻¹ en promedio para los dos estados de madurez. Los frutos de grado 2 y almacenados a 20 °C presentaron mayor contenido de β -carotenos que los frutos a 10 °C con valores de 0.18 y 0.08 mg 100 g⁻¹ respectivamente a los 11 días de conservación, mientras que en el grado 4 los frutos presentaron valores mayores de 0.27 y 0.15 mg 100 g⁻¹ a 20 y 10 °C (Figura 40).

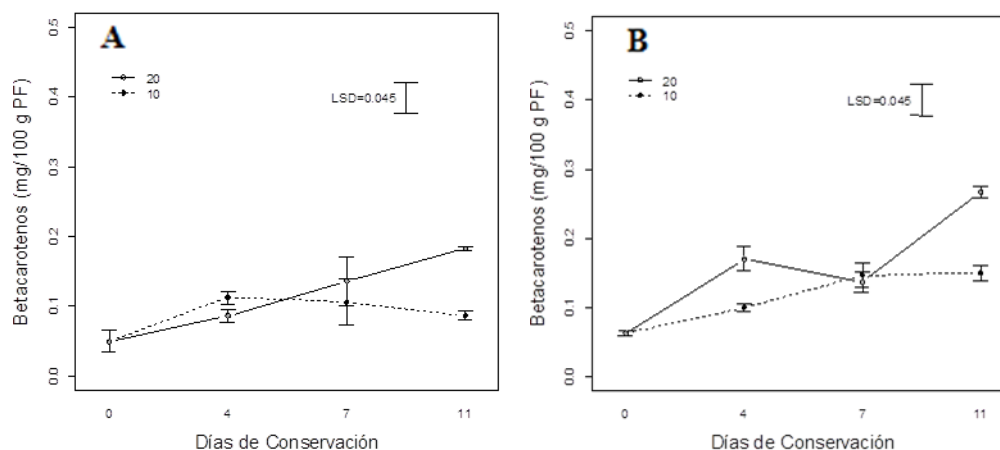


Figura 40. β -carotenos (mg/100g PF) durante la conservación en frutos de estado de madurez 2 (A) y 4 (B) y conservados a 10 °C (●) ó 20 °C (○). La barra vertical representa el valor LSD ($p=0.05$).

Los carotenoides contribuyen al color en la guayaba siendo el licopeno y el β -caroteno los principales pigmentos carotenoides presentes en la pulpa con valores de 5 y 0.37 mg 100 g⁻¹ respectivamente (Wilberg & Rodríguez, 1995). (González I., 2010), reporto valores de β -carotenos similares a los obtenidos en este estudio en guayaba Palmira de 0.03 mg 100 g⁻¹ para frutos 100% verdes y 0.15 mg 100g⁻¹ para frutos 100% amarillos.

Diversos estudios, indican que el contenido de carotenoides aumenta y la clorofila disminuye durante la maduración de la guayaba causando el cambio del color de la piel de verde a amarillo y el cambio de la pulpa a blanco cremoso, amarillo, rosa o rojo dependiendo de la variedad (Jain, Dhawan, Malhora, & Singh, 2003); (González I., 2010). Los resultados obtenidos demuestran que el contenido de β -caroteno también aumentó en la variedad Palmira durante la maduración y la concentración relativa de este pigmento dependió del grado de madurez lo que determino la intensidad del color de la pulpa en los frutos.

4.2.4 Correlación entre el contenido de compuestos bioactivos y calidad en guayaba.

Las correlaciones en guayaba se realizaron al día de la cosecha, y día 11 de conservación.

4.2.4.1 Correlación entre el contenido de compuestos bioactivos y calidad en guayaba a la cosecha.

Tabla 32

Correlación de la calidad físico-química y compuestos bioactivos a la cosecha en guayaba cosechada en 2 estados de madurez (2 y 4)

	Peso	Calibre	Firmeza	°Brix	AT	IM	Vitamina C	Antioxidantes	Polifenoles	Beta carotenos
Peso	1.00	0.70	0.55	0.01	0.85	-0.55	-0.63	-0.86	-0.26	-0.16
Calibre	0.70	1.00	-0.17	0.12	0.55	-0.26	-0.05	-0.45	0.39	0.41
Firmeza	0.55	-0.17	1.00	-0.22	0.60	-0.55	-0.93	-0.71	-0.92	-0.60
°Brix	0.01	0.12	-0.22	1.00	-0.13	0.77	0.34	-0.24	0.39	-0.03
AT	0.85	0.55	0.60	-0.13	1.00	-0.73	-0.72	-0.85	-0.42	0.14
IM	-0.55	-0.26	-0.55	0.77	-0.73	1.00	0.70	0.38	0.56	-0.09
Vitamina C	-0.63	-0.05	-0.93	0.34	-0.72	0.70	1.00	0.76	0.90	0.40
Antioxidantes	-0.86	-0.45	-0.71	-0.24	-0.85	0.38	0.76	1.00	0.48	0.20
Polifenoles	-0.26	0.39	-0.92	0.39	-0.42	0.56	0.90	0.48	1.00	0.51
Beta carotenos	-0.16	0.41	-0.60	-0.03	0.14	-0.09	0.40	0.20	0.51	1.00

† Nivel de significación observado de la prueba F para el tratamiento ($p < 0.05$).

Al día de la cosecha existió una correlación positiva entre el índice de madurez y el contenido de vitamina C y el contenido de polifenoles. Además de esta correlación entre calidad y bioactivos, existieron correlaciones entre el peso con el calibre y la acidez titulable, firmeza y acidez titulable, índice de madurez y sólidos solubles. Mientras que entre componentes bioactivos también se dieron correlaciones entre la vitamina C con los antioxidantes y polifenoles (Tabla 32). (Srimat, Suwanphong, & Thaipong, 2014) en su estudio no demostró correlación entre el tamaño del fruto y compuestos antioxidantes, esto coincidió con los resultados de este estudio; pero si entre el tamaño del fruto y el contenido de ácido ascórbico, otras correlaciones que cita el autor en guayaba fueron entre los compuestos antioxidantes con el contenido de ácido ascórbico y compuestos fenólicos.

4.2.4.2 Correlación entre el contenido de compuestos bioactivos y calidad en guayaba a los 11 días de conservación.

El índice de madurez mantuvo una correlación con el contenido de vitamina C luego de la conservación, esto se dio posiblemente a que tanto el índice de madurez como el contenido de vitamina C aumentaron durante el almacenamiento. Además también mantuvieron una correlación el peso y el calibre, el contenido vitamina C y los antioxidantes. (Tabla 33).

Tabla 33

Correlación de la calidad físico-química y compuestos bioactivos a los 11 días de conservación en guayaba cosechada en 2 estados de madurez (2 y 4) y temperatura (10 y 20 °C).

	Peso	Calibre	Firmeza	°Brix	AT	IM	Vitamina C	Antioxidantes	Polifenoles	Beta carotenos
Peso	1.00	0.89	0.31	-0.16	0.30	-0.38	-0.82	-0.71	-0.30	-0.27
Calibre	0.89	1.00	0.08	-0.18	0.10	-0.21	-0.72	-0.69	-0.61	-0.34
Firmeza	0.31	0.08	1.00	0.20	0.57	-0.50	-0.53	0.06	0.40	-0.34
°Brix	-0.16	-0.18	0.20	1.00	0.26	0.31	0.25	0.25	0.41	-0.31
AT	0.30	0.10	0.57	0.26	1.00	-0.83	-0.44	-0.32	0.21	-0.28
IM	-0.38	-0.21	-0.50	0.31	-0.83	1.00	0.60	0.45	0.04	0.13
Vitamina C	-0.82	-0.72	-0.53	0.25	-0.44	0.60	1.00	0.67	0.17	0.29
Antioxidantes	-0.71	-0.69	0.06	0.25	-0.32	0.45	0.67	1.00	0.35	0.16
Polifenoles	-0.30	-0.61	0.40	0.41	0.21	0.04	0.17	0.35	1.00	0.34
Beta carotenos	-0.27	-0.34	-0.34	-0.31	-0.28	0.13	0.29	0.16	0.34	1.00

† Nivel de significación observado de la prueba F para el tratamiento ($p < 0.05$).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Debido a que el intervalo de tiempo entre fechas de recolección fue corto (apenas 15 días) y no se realizó un seguimiento del cultivo, no se pudo concluir si la fecha de cosecha tuvo efecto o no sobre la calidad poscosecha durante la conservación y vida útil en los frutos de pitahaya y guayaba.
- Los cambios en la calidad poscosecha y componentes bioactivos durante la conservación y vida útil de la pitahaya y guayaba fueron influenciados por el estado de madurez. En la pitahaya, los frutos de estado de madurez 4 (fruto de color amarillo con la puntas de las mamilas ligeramente de color verde) presentaron valores más altos en firmeza, color y acidez titulable, mientras que los frutos de estado de madurez 5 (fruto totalmente de color amarillo) presentaron valores más altos en sólidos solubles e índice de madurez. En componentes bioactivos, los frutos de estado 4 presentaron valores más altos en vitamina C, capacidad antioxidante y polifenoles totales.

En la guayaba, los frutos de estado 2 (fruto de color verde con leves tonos amarillos, consistencia firme) mostraron mayores valores de firmeza, acidez titulable y sólidos solubles y desarrollaron un menor cambio de color e índice de madurez en comparación con el estado 4 (fruto de color amarillo con leves tonos verdes, consistencia moderadamente blanda). En cuanto a los compuestos bioactivos, los frutos de estado 4 desarrollaron mayor contenido de vitamina C, β -carotenos y menor contenido de polifenoles. El contenido de antioxidantes no se vio afectado por los diferentes estados de madurez.
- La temperatura influyó en la calidad poscosecha y componentes bioactivos durante la conservación de la pitahaya. Los frutos almacenados a 12°C presentaron menor pérdida de peso, tasa de respiración e índice de madurez y a su vez presentaron mayor firmeza, lo que indica que frutos conservados a

temperaturas bajas alargan su vida útil. Durante la conservación, el contenido de vitamina C fue más alto a 12 °C, mientras que el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante dependió principalmente del estado de madurez que de la temperatura. La temperatura de almacenamiento afectó directamente en las características físico-químicas y fisiológicas de la guayaba. A 20 °C, ocurrió la mayor pérdida de peso, cambio de color, aumento en la tasa de respiración y una disminución notable de la firmeza, mientras a 10 °C, el proceso de maduración y senescencia se retrasó y la vida útil se prolongó aproximadamente 5 días. No así en los compuestos bioactivos donde apenas se vio afectado el contenido de β -carotenos, que presentó un mayor contenido en frutos almacenados a 20 °C.

- El óptimo estado de madurez en la pitahaya es el estado 4, ya que en este estado se tiene una mejor calidad de consumo y además, presenta valores más altos de componentes bioactivos, los cuales están relacionados directamente con beneficios para la salud en los humanos.
- En la guayaba, el estado 2 permite mantener una calidad aceptable para el consumo hasta máximo 11 días a 10 y 20 °C y en el estado 4, la temperatura de almacenamiento a 10°C permitió mantener notablemente la calidad comercial de la guayaba, obteniendo frutos más firmes y con un mayor contenido de vitamina C y β -carotenos.
- Existieron muy pocas correlaciones entre los cambios de la calidad de la fruta y el contenido de los compuestos bioactivos. En la guayaba se registró una correlación positiva entre el índice de madurez y el contenido de vitamina C tanto a la cosecha como a los 11 días de conservación.

5.2 Recomendaciones

- Es recomendable establecer el color en la pitahaya visualmente mediante el uso de tablas de color, ya que así la medición es integral y tiene en cuenta todo el color de la piel, contrario al colorímetro que a pesar de ser una medida subjetiva, las mamilas se excluyen por la presencia de espinas.
- Se observó que los resultados analizados en ciertas variables no fueron similares a lo reportado con otros autores, por lo es recomendable conocer el manejo precosecha de los cultivos, con el fin de justificar el comportamiento de los frutos durante la conservación poscosecha.
- El color utilizado generalmente como índice de madurez en la guayaba para determinar la fecha de cosecha por si solo no es capaz de describir de manera exacta la madurez fisiológica para el grado de madurez 2, por lo que se recomienda utilizar otros índices de recolección como la firmeza y el contenido de sólidos solubles que ayuden a determinar de forma objetiva el estado de madurez o el momento óptimo de recolección.
- Se recomendaría realizar futuras investigaciones en nuevos sistemas de conservación (recubrimientos comestibles, inhibidores de etileno, atmósferas controladas, etc.) que permitan mantener la calidad y prolongar la vida útil de la pitahaya y guayaba sin comprometer su seguridad, apariencia o propiedades sensoriales y la preservación de los compuestos bioactivos y actividad antioxidante.

5.3 Bibliografía

- Akamine, E., & Goo, T. (1979). Respiration and ethylene production in fruits of species and cultivars of *Psidium* and species of *Eugenia*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 632-635.
- Ali, Z., & Lazan, H. (1998). *Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits*. International Surrey.
- Alique, R., & Zamorano, J. (2000). *Productos vegetales: Procesos Fisiológicos Post-recolección, en Lamúa., Aplicación de frío a los alimentos*. Madrid.
- Altunkaya, A., & Gokmen, V. (2008). Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant. *Food Chemistry*, 1173-1179.
- Amazónicas, C. R. (2009). *Ficha técnica: Pitahaya*. Quito: Biocomercio (CORPEI/EcoCiencia).
- Asensi-Fabado, M., & Munné-Bosch, S. (2010). Vitamins in plants: occurrence, biosynthesis and antioxidant function. *Trends Plant Science*, 582-592.
- Asrey, R., Pal, R., Sagar, V., & Patel, V. (2007). Impact of tree age and canopy position on fruit quality of guava. *Acta horticulturae*, 259-261.
- Avilan, L., Leal, F., & Bautista, D. (1989). *Manual de Fruticultura: Cultivo y producción*. Venezuela: Editorial América, C.A.
- Azzolini, M., Jacomino, A., Bron, I., Kluge, R., & Schavinato, M. (2005). Ripening of 'Pedro Sato' guava: study on its climateric or nonclimateric nature. *Brazilian J. Plant Physiology*, 299-306.
- Balois, R., Peña, C., & Arroyo, V. (2013). Síntomas y sensibilidad al daño por frío de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus* (HAW.) Britton & Rose) durante las postcosecha. *Agrociencia*, 795-813.

- Barriga, L., Yahuaca, B., & Martínez, H. (2008). Efecto del almacenamiento sobre algunas propiedades físico-químicas en frutos de guayaba (*Psidium guajava*). *Biológicas*, 87-93.
- Bashir, H., & Abu-Goukh, A. (2003). Compositional changes during guava fruit ripening. *Food Chemistry*, 557-563.
- Betancourt, B., Toro, J., Mosquera, H., Castellanos, J., Martinez, R., Aguilera, A., . . . Franco, A. (2010). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la pitaya amarilla en fresco en el valle del Cauca*. Bogotá, Colombia: Giro editores.
- Bogantes, A., & Mora, E. (2010). Evaluación de cuatro patrones para injertos de Guayaba (*Psidium guajava* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 103-111.
- Brown, B., & Wills, R. (1983). Post-harvest changes in guava fruit of different maturity. *Scientia Horticulturae*, 237-243.
- Brubaker, g., Müller-Mullot, W., & Southgate, D. (1985). *Methods for determination of vitamins in food*. London: Elsevier Applied Science.
- Cai, Y., Sun, M., & Corke, H. (2003). Antioxidant activity of betalains from plants of the Amaranthaceae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2288-2294.
- Carbone, K., Giannini, B., Picchi, V., Lo Scalzo, R., & Cecchini, F. (2011). Phenolic composition and free radical scavenging activity of different apple varieties in relation to the cultivar, tissue type and storage. *Food chemistry*, 439-500.
- Castillo, R. (2006). Aprovechamiento de la pitahaya: bondades y problemáticas. *Caos Conciencia*, 13-18.
- Castro, J., Cerquera, N., & Gutiérrez, N. (2013). Determinación del color del exocarpo como indicador de desarrollo fisiológico y madurez en la guayaba pera (*psidium guajava* cv. Guayaba pera), utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes. *Revista EIA*, 79-89.

- Cavalini, F., Jacomino, a., Lochoski, M., Kluge, R., & Ortega, E. (2006). Maturity indexes for 'Kumagai' and 'Paluma' guava. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 176-179.
- (1992). *Centro Agrícola de Quito*. Quito: Convenio Corporación Andina de Fomento.
- Centurión, A., Solís, S., Mercado, E., Báez, R., Saucedo, R., & Sauri, E. (1999). Variación de las principales características de las pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su maduración postcosecha. *Horticultura mexicana*, 419-425.
- Centurión, A., Solís, S., Saucedo, C., Báez, R., & Sauri, E. (2000). Crecimiento, desarrollo y comercialización de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante la postcosecha. *Revista Iberoamericana Tecnología Postcosecha*, 161-168.
- Centurión, A., Solís, S., Saucedo, C., Báez, R., & Sauri, E. (2008). Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. *Revista fitotecnia Mexicana*, 1-5.
- Connor, A., Luby, J., Tong, C., Finn, C., & Hancock, J. (2002). Genotypic and environmental variation in antioxidant activity, total phenolic content, and anthocyanin content among blueberry cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 89-97.
- Contanceau, M. (1965). *Fruticultura*. Barcelona: Ediciones de Occidente S.A.
- CORPEI. (2009). *Comité Regional de Frutas amazónicas*. Quito: EcoCIENCIA.
- CORPOICA. (13 de abril de 2013). Obtenido de Tecnología para el manejo de pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (K.Schum.ex Vaupel) Moran en Colombia: http://people.scalenet.info/wp-content/uploads/2009/11/Manual-manejo-pitaya-amarilla_2013.pdf

- Corrales-García, J., & Canche-Canche, E. (2008). Physical and physiological changes in low-stored pitahaya fruit (*Hylocereus undatus*). *J. Prof. Assoc. Cactus*, 108-119.
- Council, C. R. (2012). *Roofing reflections*.
- Chandran, S. (2010). Effect of film packing in extending shelf life of dragon fruit, *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*. *Acta Horticulturae*, 389-394.
- Charoensiri, R., Kongkachuicha, R., Suknicom, S., & Sungpuag, O. (2009). Betacarotene, lycopene, and alpha-tocopherol contents of selected thai fruits. *Food Chemistry*, 202-207.
- Daayf, F., & Lattancio, V. (2008). *Recent advances in polyphenol research*. Wiley-Blackwell.
- Diaz-Mula, H., Zapata, P., Guillém, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M., & Valero, D. (2009). Changes in hydrophilic and lipophilic antioxidant activity and related bioactive compounds during postharvest storage of yellow and purple plum. *Postharvest Biology and Technology*, 354-363.
- ECORAE. (1992). En *Compendio de recomendaciones tecnológicas para los principales cultivos de la amazonía ecuatoriana* (págs. 77-82). Quito. Obtenido de <http://books.google.com.ec/books?id=dYgzAQAAMAAJ&pg=PA77&dq=clasificacion+taxonomica+de+Hylocereus+triangularis&hl=es&sa=X&ei=ZR-mU9z3NcOnyATphICADw&ved=0CBkQ6AEwAA#v=onepage&q=clasificacion%20taxonomica%20de%20Hylocereus%20triangularis&f=false>
- Espinal, M. (13 de diciembre de 2010). *Capacidad antioxidante y ablandamiento de la Guayaba Palmira ICA I (Psidium guajava)*. Obtenido de Tesis de Maestría: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2783/1/194761.2010.pdf>
- Esquivel, P., & Araya, P. (2012). Características del fruto de pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 113-129.

- Esquivel, P., Stintzing, F., & Carle, R. (2007). Pigmento pattern and expression of colour in fruits from different *Hylocereus* sp. Genotypes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 451-457.
- Ferguson, I., Volz, R., & Woolf, A. (1999). Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 255-262.
- Flores, K. (21 de Febrero de 2009). *Determinación no destructiva de parámetros de calidad de frutas y hortalizas mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano*. Obtenido de Tesis doctoral, Universidad de Córdoba: <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/2070/9788478019427.pdf?> . (Consultado el 23 de abril del 2015).
- Folin, O., & Ciocalteu, V. (1927). On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 627-650.
- Fouqué, A. (1972). Especies frutales de américa tropicale. *Fruits*, 200-218.
- Fouqué, A. (1979). Quelques observations sur les goyavies. *Fruits*, 767-770.
- Franceschi, V., & Tarlyn, N. (2002). L-Ascorbic acid is accumulated in source leaf phloem and transporter to sink tissues in plants. *Plant Physiol*, 649-656.
- García , E., & Fernández, J. (2006). *Tecnologías de envasado en atmósfera protectora*. Obtenido de Http://www.madrimasd.otg/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt3_tecnologias_de_ensado_en_atmosferas_protectora.pdf
- García, L., Salinas, Y., & Valle, S. (2012). Betalaínas, compuestos fenólicos y actividad antioxidante en pitaya de mayo (*Stenocereus griseus* H.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 1-5.
- García, M. (14 de Diciembre de 2010). *Guía técnica del cultivo de la guayaba*. El Salvador. Obtenido de <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20GUA>

YABA.pdf (Consultado el 2 de agosto del 2014). Santa Tecla, La Libertad, El Salvador. pp. 27.

Gélvez, C. (1998). *Manejo post-cosecha y comercialización de guayaba (Psidium guajava L.)*. Quindío: Servicio Nacional de Aprendizaje.

Ghani, M., Yahya, a., & Kamaruzaman, S. (2011). Disease occurrence and fruit quality of pre-harvestcalcium treated red flesh dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *African Journal of Ecology*, 1550-1558.

Gonzales, G. (1980). Comportamiento de los rendimientos en árboles podados y no podados de guayaba. *Agrotecnia de Cuba*, 27-33.

González, G., Tiznado, M., Zavaleta, M., & Martínez, M. (2004). Methyl jasmonate treatments reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. *Biochemistry and Biophysics*, 694-701.

González, I. (18 de Enero de 2010). *Caracterización química del color de diferentes variedades de Guayaba (Psidium guajava L.) (Tesis de Magister)*. Colonia. Obtenido de Tesis de Magister, Universidad Nacional: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2815/1/197449.2010.pdf>. (Consultado el 15 de agosto del 2014). Bogotá, Colombia.

Gordón, J. (2010). *Propuesta de mejoramiento de manejo poscosecha en hortalizas producidas en un sistema campesino asociativo*. Quito.

Gout, M., Dhaliwal, H., & Mahajan, B. (2010). Effect of pre-harvest calcium sprays on post-harvest life of winter guava (*Sodium guava L.*). *Journal of Biological Chemistry*, 501-506.

Gunasena, H., Pushpakumara, D., & Kariyawasam, M. (22 de Enero de 2007). *Dragon fruit Hylocereus undatus (Haw.) Britton and Rose. En: Pushpakumara D.K.N.G., Gunasena, H.P.M, Singh, V.P. Underutilized fruit trees in Sri Lanka*. Obtenido de <http://www.wordagroforestry.org/downloads/publications/PDFs/BC07324.PDF>

- Gutiérrez, N., Dussan, S., & Casto, J. (2012). Fisiología y atributos de calidad de la guayaba "pera"(*Psidium guajava* cv.) en poscosecha. *Postharvest Biology and Technology*, 37, 26-30. *Postharvest Biology and Technology*, 26-30.
- Hamson, A. (1952). Measuring firmness of tomatoes in a breeding program. *American Society for Horticultural Scienc*, 425-433.
- Hernández, C. (23 de Diciembre de 2012). *Evaluación postcosecha de tres selecciones de pitahaya (Hylocereus undatus), en refrigeración y atmósferas controladas*. Obtenido de Tesis de maestría: http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/1679/Hernandez_Estrada_CA_MC_Fruticultura_2012.pdf?sequence=1. (Consultado el 18 de agosto del 2014). Texcoco, México.
- Herrero, A., & Guardia, J. (1992). *Conservación de Frutos*. Madrid: Mundi-Prensa.
- ICONTEC. (1996). *Norma técnica colombiana NTC 3554*. Colombia.
- Imbasai, W., Ketsa, S., & Van Doorn, W. (2002). Effect of temperature on softening and the activities of polygalacturonase and pectinesterase in durian fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 347–351.
- INEC. (23 de Noviembre de 2010). *III Censo Nacional Agropecuario*. Obtenido de Sistema Estadístico Agropecuario Nacional: http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=111&Itemid (Consultado el 3 de agosto del 2014).
- INIAP. (2002). Diagnóstico de línea base del proyecto aplicación de nuevas tecnologías agropecuarias para el tratamiento de frutas tropicales y andinas para exportación.
- INIAP. (2010). Desarrollo tenológico de la cadena agroproductiva de Frutales Amazónicos en la Región Amazónico Ecuatoriana.

- Jain, n., Dhawan, K., Malhora, S., & Singh, R. (2003). Biochemistry of fruit ripening of guava (*Psidium guajava* L.): compositional and enzymatic changes. *Plant Foods for Human nutrition*, 309-315.
- Kader, A. (1992). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. California.
- Kader, A. (1992). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Division of Agriculture and Natural Resources.
- Kader, A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*. California: University of California Agriculture and Natural Resources.
- Kader, A. (2012). *Banana: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality, Produce fact sheets*. UC.
- Kader, A. (2012). *Banana: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality, Produce fact sheets*, UC.
- Kafkas, E. K. (2007). Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. *Food Chemistry*, 1229-1236.
- Kafkas, E., Kosar, M., Paydas, S., Kafkas, S., & Baser, K. (2007). Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. *Food Chemistry*, 1229-1236.
- Kim, H., Choi, H., Moon, J., Kim, Y., Mosaddik, A., & Cho, S. (2011). Comparative antioxidant and antiproliferative activities of red and white pitayas and their correlation with flavonoid and polyphenol content. *Journal of Food Science*, 38-45.
- Ko, W., & Kunimoto, R. (1980). Guava fruit firm rot induced by bruising. *HortScience*, 722-723.
- Labanauskas, C., Jones, W., & Emblenton, I. (1963). Effect of foliar applications of manganese, zinc and urea on yield and fruit quality of "Valencia" orange, and

nutrient concentrations in the leaves, peel and juice. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 142.

Laguado, N., Pérez, E., Alvarado, C., & Marin, M. (1999). Características físicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla Roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales. *Revista de la Facultad de agronomía (LUZ)*, 382-397.

Le Bellec, F., & Vaillant, F. (2011). Pitahaya (*Hylocereus* spp.). *Postharvest Biology and Technology of tropical and subtropical fruits*, 247-271.

Le Bellec, F., Vaillant, F., & Imbert, E. (2006). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. *Fruits*, 237-250.

Le, V., Ngu, N., Duc, N., & Huong, H. (2002). Dragon fruit quality and storage life: effect of harvesting time, use of plant growth regulators and modified atmosphere packaging. *Acta Horticulturae*, 611-621.

León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales*. Costa Rica: Agroamérica.

León, M., & Ochoa, J. (2014). *Estudio de Factibilidad sobre el Proceso de Exportación de Semillas de Chía producidas en el Ecuador y comercializadas al Mercado Europeo AUTORES: León Palomino, Marco Andrés Ochoa Campozano, José Luis*. Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec:8080/bitstream/123456789/2413/1/T-UCSG-PRE-ECO-GES-122.pdf>

León, M., & Ochoa, J. (2014). *Estudio de Factibilidad sobre el Proceso de Exportación de Semillas de Chía producidas en el Ecuador y comercializadas al Mercado Europeo*. Guayaquil.

Lister, C., Skinner, M., & Hunter, D. (2007). Fruits, vegetables, and their phytochemicals for bone and joint health. *Current Topics in Nutraceutical Research*, 5(2-3), 67-82.

- López, O., & Guido, A. (1998). Evaluación de dosis de nitrógeno y fósforo en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Agronomía Mesoamericana*, 9(1), 66–71.
- Mahattanatawee, K., Manthey, J., Luzio, G., Talcott, S., Goodner, K., & Baldwin, E. (2006). Total antioxidant activity and fiber content of select Floridagrown tropical fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (19), 7355–7363.
- Manica, I., Icuma, I., Junqueira, N., Salvador, J., Moreira, A., & Malavolta, E. (2000). *Fruticultura Tropical 6. Goiaba*. Porto Alegre: Cinco Continentes.
- Marquina, V., Araujo, L., Ruiz, J., & Ródriguez-Malaver, A. (2008). Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(1), 98–100.
- Martínez, M., Molina, N., & Boucourt, E. (1997). Evaluación de la actividad antimicrobiana de la guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 2(1), 12–14.
- Martini, M., Ridzwan, A., Mahmud, T., Syed, O., & Zainuddin, M. (2008). Growth, yield and fruit quality of red dragon (*Hylocereus polyrhizus*) fruit as affected by plants support system and intercropping with long bean (*vigna sinensis*). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 305-311.
- Medina, J., Castro, J., Sigrist, J., De Martin, Z., Kato, K., Maia, M., . . . Fernández, R. (1998). *Goiaba: cultura, materia prima, processamento e aspectos economicos*. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos.
- Medina, P., & Mendoza, F. (2011). Elaboración de mermelada y néctar a partir de la pulpa de pitahaya y determinación de capacidad antioxidante por el método DPPH (1,1 Difenil-2-Picril hidracina).
- Mitra, S. (1987). Studies on guava nutrition with special reference to potassium and nitrogen. *Journal of Potassium Research* , 3(4), 160-163.

- Moo-Huchin, V., Estrada-Mota, I., Estrada-León, R., Cuevas-Glory, L., Ortíz, E., & Vargas, M. (2014). Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan, México. *Food Chemistry*, 152, 508-515.
- Mowlah, G., & Itoo, S. (1982). Guava sugar components and related enzymes at stages of fruit development and ripening. *The Japanese Society for Food Science and Technology*, 29, 472-476.
- Nerd, A., Gutman, F., & Mizrahi, Y. (1999). Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hyocereus* species (Cactaceae). *Postharvest Biology and Technology*, 17(1), 39–45.
- Nerd, A., Mizrahi, Y., & Nobel, P. (1997). Cactias crops. *Horticultural Reviews*, 29, 291–319.
- Nichenametla, S., Tarusc, T., Bamey, D., & Exon, J. (2006). A review of the effects and mechanisms of polyphenolics in cancer. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(2), 161–183.
- Nurliyana, R., Syed-Zahir, I., Mustapha, K., Aisyah, M., & Kamarul, K. (2010). Antioxidant study of pulps and peels of dragon fruits: a comparative study. *International Food Research Journal*, 17, 367–375.
- Odoñez, E., León, A., Reátegui, D., & Sandoval, M. (2012). Cuantificación de polifenoles totales y actividad antioxidante en hojas, corteza, flores y fruto de dos variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Investigación y Amazonía*, 1(2), 48-52.
- Osuna, G., Beltrán, J., & Urias, L. (2005). Efecto del 1-Metilciclopropeno (1-MCP) sobre la vida anaquel y calidad de mango para exportación. *Fitotecnia Mexicana*, 28(3), 271–278.
- Osuna, T., Ibarra, M., Muy, M., Valdez, J., Villareal, M., & Hernández, S. (2011). Calidad poscosecha de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw.) cosechados en tres estados de madurez. *Fitotecnia Mexicana*, 34(1), 63–72.

- Pantastico, E. (1979). *Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables*. Wisconsin : Madison.
- Parikh, H., Nair, G., & Modi, V. (1990). Some structural changes during ripening of mangoes (*Mangifera indica* var. Alphonso) by abscisic acid treatment. *Annals of Botany*, 65(2), 121–127.
- Parra, A. (2014). Maduración y comportamiento poscosecha de la guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 2(8), 314-327.
- Pereira, F. (1990). *Acta Horticultrae . Factors affecting guava production and quality with special reference to Sau Paulo, Brasil*, 275,103–109.
- Pérez-Arbeláez, E. (1990). *Plantas útiles de Colombia*. Medellín: Victor Hugo.
- Ramírez, A., & Pacheco, E. (2010). Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 36(1), 71–74.
- Rathore, D. (1976). Effect of season of the grown and chemical composition of guava (*Sodium guava* L.) fruits. *Journal of Horticultural Science*, 51(1), 41–47.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26 (9-10), 1231–1237.
- Reinoso, M. (1994). *Manejo del cultivo de mora Cv Brazos (Rubus sp)*. Quito: Proexant.
- Restrepo, D., Narváez, C., & Restrepo, L. (2009). Extracción de compuestos con actividad antioxidante de frutos de guayaba cultivada en Vélez-Santander, Colombia. *Química Nova*, 1517-1522.

- Reuther, W., & Smith, P. (1952). Relation of nitrogen potassium and magnesium fertilization to some fruit qualities of “Valencia” orange. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 1.
- Rusell, C., & Felker, P. (1987). The prickly-pears (*Opuntia* spp., Cactaceae): a source of human and animal food in semiarid regions. *Economic Botany*, 433–445.
- SAGARPA. (13 de Junio de 2014). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación – SAGARPA*. Obtenido de SAGARPA: <http://www.siap.gob.mx>
- Salazar, D., Melgarejo, P., Martínez, R., Martínez, J., Hernández, F., & Burgura, M. (2006). Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.). *Scientia Horticulturae*, 157–161.
- Salukhe, D., & Kaddam, S. (1995). *Handbook of fruit science and technology: production, composition, storage, and processing*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 287–306.
- Seerano, M., Díaz-Mula, H., Zapata, P., Castillo, S., Guillén, F., Martínez-Romero, D., . . . Valero, D. (2009). Antioxidant compounds in fruits and vegetables and changes during postharvest storage and processing. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 3240-3246.
- Serna, L. T. (2011). Efecto del empaque y del 1-MCP sobre características físicas, químicas y fisiológicas de pitahaya amarilla. . *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, 139-149.
- Serrano, M., Díaz-Mula, H., & Valero, D. (2011). Antioxidant compounds in fruits and vegetables and changes during postharvest storage and processing. *Stewart Postharvest*, 1-10.

- Serrano, M., Valverde, J., Guillén, F., Castillo, S., Martínez, R., & Valero, D. (2006). Use of Aloe vera gel coating preserves the functional properties of table grapes. . *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 3882-3886.
- Singh, S., & Pal, R. (2008). Response of climacteric-type guava (*Psidium guajava* L.) to postharvest treatment with 1-MCP. *Postharvest Biology and Technology*, 307–314.
- Smooth, J., Houck, L., & Johnson, H. (1971). Market diseases of citrus and other subtropical fruits. *USDA Handbk*, 398.
- Solarte, M., Hernández, M., Morales, A., Fernández, J., & Melgarejo, L. (2010). *Caracterización fisiológica y bioquímica del fruto de guayaba durante la maduración*. Colombia.
- Sotelo, E., Ortiz, C., & Rizo, M. (2005). Áreas potenciales para el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw Britt & Rose) en el sur del Estado de México. *Ciencia Forestal en México*, 87–97.
- Srimat, S., Suwanphong, U., & Thaipong. (2014). *Correlations between Fruit Size and Antioxidant Contents in Guava*. Bangkok.
- Stintzing, F., Schieber, A., & Carle, R. (2003). Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices. *European Food Research and Technology*, 303–311.
- Suárez, J., Pérez, M., & Giménez, A. (2009). Efecto de la temperatura y estado de madurez sobre la calidad poscosecha de la fruta de guayaba (*Psidium guajava* L.) procedente de MERCABAR, estado Lara, Venezuela. *UDO Agrícola*, 60-69.
- To, L., Nge, N., Duc, N., & Huong, H. (2002). Dragon fruit quality and storage life: Effect of harvest time, use of plant growth regulators and modified atmosphere packaging. *Acta Horticulturae*, 611-621.

- Tonetto de Freitas, S. M. (2013). Quality of pitaya fruit (*Hylocereus undatus*) as influenced by storage temperature and packaging. *Scientia Agricola*, 257–262.
- Tonetto de Freitas, S., & Mitcham, E. (4 de Julio de 2011). Pitaya (Pitaya, Dragon Fruit) Recommendations for maintaining postharvest quality. Obtenido de <http://postharvest.ucdavis.edu/PFfruits/Pitaya>
- Torres, J. (2007). *Optimización de las condiciones de operación de tratamientos osmóticos destinados al procesado de mango (Mangifera indica L.)*. Valencia: Departamento de tecnología de alimentos.
- Vaillant, F., Pérez, A., Davila, I., Dornier, M., & Reynes, M. (2005). Colorant and antioxidant properties of red pitahaya (*Hylocereus* sp.). *Fruits*, 1–7.
- Vasco, C., Ruales, J., & Kamal, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 816–823.
- Vazquez, R., & Colinas, M. (1990). Changes in Guavas of Three Maturity Stages in Response to Temperature and Relative Humidity. *HortScience*, 87-87.
- Veltman, R., Sanders, M., Persijn, S., Peppelenbos, H., & Oosterhaven, J. (1999). Decreased ascorbic acid levels and brown core development in pears (*Pyrus communis* L-cv. Conference. *Physiologia Plantarum*, 39–45.
- Ventosa, M., Rodríguez, J., & Zerqueira, O. (2008). Determinación de los principales carotenoides de la guayaba (*Psidium guajava* L.). *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 18–4.
- Viñas, I., Usall, J., Echeverría, G., Graell, J., Lara, I., & Recasens, I. (2013). *Poscosecha de pera, manzana y melocotón*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Wallace, R., & Gibson, A. (2002). *Evolution and systematics*. California: University of California Press.

- Wang, S., Melnyk, J., Tsao, R., & Marcone, M. (2011). How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. *Food Research International*, 14-22.
- Watkins, C., & Ekman, J. (2005). *Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality*. 437-481: S. Ben-Yehoshua .
- Wilberg, V., & Rodríguez, D. (1995). HPLC quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya. *Lebensmittel Wissenschaft Technologie*, 474-480.
- Wills, R., McGlasson, B., & Joyce, D. G. (1998). Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. *CABI*, 262.
- Wu, L., Hsu, H., Chen, Y., Chiu, C., Lin, Y., & Ho, J. (2006). Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Food Chemistry*, 319–327.
- Yadaba, U. (18 de Octubre de 1996). Guava production in Georgia under cold-protection structure. En *Progress in new crops* (págs. 451-457). Arlington: J. Janick. Obtenido de Progress in new crops: <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-451.html>