



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**TESIS DE GRADO  
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

**CARACTERIZACIÓN POSCOSECHA DE LA CALIDAD DEL  
FRUTO DE PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus*) Y  
ROJA (*Hylocereus undatus*)**

**AUTOR:**

**JOSÉ APOLONIO ALVARADO ROMERO**

**DIRECTOR:**

**ING. AGR. RICARDO MOREIRA MACÍAS, Msc.**

**Ecuador**

**2014**



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

La presente tesis de grado titulada: **“CARACTERIZACIÓN POSCOSECHA DE LA CALIDAD DEL FRUTO DE PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus*) Y ROJA (*Hylocereus undatus*)”**, realizada por **JOSÉ APOLONIO ALVARADO ROMERO**, bajo la dirección del **Ing. Agr. Ricardo Moreira Macías, MSc.**, ha sido aprobada y aceptada por el Tribunal de Sustentación, con la calificación de 10 - 10 - 10 puntos, equivalentes a sobresaliente, como requisito previo para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN:**

**Ing. Agr. Pedro Vera Asang, D.D.S.  
Presidente**

**Ing. Agr. Eison Valdiviezo Freire, Msc.  
Examinador Principal**

**Ing. Agr. Ricardo Moreira Macías, Msc.  
Examinador Principal**

Guayaquil, 14 de julio del 2014

## CERTIFICADO DEL GRAMÁTICO

ING. CAROLINA CASTRO MENDOZA, CON DOMICILIO UBICADO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, POR EL PRESENTE CERTIFICO QUE HE REVISADO LA TESIS DE GRADO ELABORADA POR EL SEÑOR JOSÉ APOLONIO ALVARADO ROMERO, PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO, CUYO TEMA ES: “CARACTERIZACIÓN POSCOSECHA DE LA CALIDAD DEL FRUTO DE PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus*) Y ROJA (*Hylocereus undatus*)”.

LA TESIS DE GRADO ARRIBA SEÑALADA HA SIDO ESCRITA DE ACUERDO A LAS NORMAS GRAMATICALES Y DE SINTAXIS VIGENTES DE LA LENGUA ESPAÑOLA.



Ing. Carolina Castro Mendoza

C.I. 0919052175

Nº Registro SENESCYT: 1006-11-1071409

La responsabilidad de la investigación, resultados, discusiones, conclusiones y recomendaciones sustentadas en esta tesis pertenecen exclusivamente al autor.

**José Apolonio Alvarado Romero**  
**E- mail: josealva57@hotmail.com**  
**Telf.: 2291423**  
**Celular: 0995343120**

## **DEDICATORIA**

La presente tesis está dedicada a mis queridos padres, Manuel Alvarado y Elena Romero, por su esfuerzo y amor que me brindaron para que siga los estudios superiores.

A mis hermanos: Alexandra, Mery, Leonor, Elena, Betsi, Efraín y Gonzalo.

A mi esposa, Liliana Romero, y a nuestros hijos, quienes me apoyaron y contribuyeron para que pueda culminar mis estudios superiores una vez más.

A todos mis familiares y amigos.

## **AGRADECIMIENTO**

Con amor a Dios, por su guía e iluminación en mi vida.

Al Ing. Agr. Ricardo Gonzalo Moreira Macías, MSc., responsable del Departamento de Fruticultura del INIAP –EELS, por permitirme realizar el tema.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	1
<b>SUMMARY</b>	3
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	5
Formulación del problema	7
Objetivos: general y específicos	7
Justificación	8
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	9
<b>2.1</b> Clasificación taxonómica	9
<b>2.2</b> Generalidades del cultivo	9
<b>2.2.1</b> Ciclo fenológico	10
<b>2.2.2</b> Fisiología de la planta	11
<b>2.2.3</b> La floración	13
<b>2.2.4</b> Fructificación	16
<b>2.2.5</b> Requerimientos de producción	18
<b>2.2.6</b> Zonas de producción del cultivo	19
<b>2.2.7</b> Labores culturales	19
<b>2.2.8</b> Poda	19
<b>2.2.9</b> Mantenimiento	21
<b>2.2.10</b> Amarre y orientación	21
<b>2.2.11</b> Fertilización	22
<b>2.2.12</b> Manejo de malezas	23
<b>2.2.13</b> Cosecha	24
<b>2.3</b> Fisiología poscosecha	25

<b>2.4</b>	Maduración del fruto	26
<b>2.5</b>	Índice de madurez	27
<b>2.6</b>	Tamaño y peso por unidad	27
<b>2.7</b>	Usos	28
<b>2.7.1</b>	Uso medicinal	28
<b>2.8</b>	Poscosecha	28
<b>2.8.1</b>	Mercadeo	28
<b>2.9</b>	Número de frutas por caja	32
<b>2.10</b>	Peso total de la caja	33
<b>2.11</b>	Datos económicos	33
 <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>		 34
<b>3.1</b>	Ubicación	34
<b>3.2</b>	Materiales y equipos	34
<b>3.3</b>	Caracteres en estudio	35
<b>3.4</b>	Variables evaluadas	35
<b>3.5</b>	Material vegetal	36
<b>3.6</b>	Características de la planta madre	36
<b>3.7</b>	Análisis físico-químico de la fruta	36
<b>3.7.1</b>	Análisis de peso del fruto durante el proceso de maduración (análisis no destructivo)	36
<b>3.7.2</b>	Peso de la fruta	37
<b>3.7.3</b>	Materia seca	37
<b>3.7.4</b>	Sólidos solubles totales	38
<b>3.7.5</b>	Acidez titulable	38
<b>3.7.6</b>	Color del epicarpio y mesocarpio	40
<b>3.7.7</b>	Secuenciación fotográfica de la maduración	41

<b>IV. RESULTADOS</b>	42
<b>4.1</b> Característica de la planta	42
<b>4.2</b> Análisis físico-químico de los frutos	44
<b>4.2.1</b> Pérdida de peso del fruto durante el proceso de maduración	44
<b>4.2.2</b> Materia seca	45
<b>4.2.3</b> Sólidos solubles totales	46
<b>4.2.4</b> Acidez titulable	48
<b>4.2.5</b> Coloración del epicarpio	49
<b>4.2.6</b> Relación de madurez	51
<b>4.3</b> Cambios en la fruta debido al efecto de factores bióticos durante la maduración poscosecha	52
<b>V. DISCUSIÓN</b>	55
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN</b>	62
<b>VII. LITERATURA CITADA</b>	63

## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

**“CARACTERIZACIÓN POSCOSECHA DE LA CALIDAD DEL FRUTO DE PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus*) Y ROJA (*Hylocereus undatus*)”**

AUTOR/ES:

JOSÉ APOLONIO ALVARADO ROMERO

TUTOR:

Ing. Agr. Ricardo Moreira Macías, Msc.

REVISORES: Ing. Agr. Carlos Becilla Justillo, Mg. Ed.  
Ing. Agr. Eison Valdiviezo Freire, Msc.  
Ing. Agr. Pedro Vera Asang, D.D.S.

INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil

FACULTAD: Ciencias Agrarias

CARRERA: Agronomía

FECHA DE PUBLICACIÓN:

No. DE PÁGS:

TÍTULO OBTENIDO: Ingeniero Agrónomo

ÁREAS TEMÁTICAS:

Cultivo, cosecha y poscosecha, pérdida de peso, acidez titulable, sólidos solubles totales, materia seca, relación de madurez.

PALABRAS CLAVES: Caracterización, acidez titulable, pitahaya amarilla y roja del Ecuador, cromatización, Brix, sólidos solubles, materia seca.

RESUMEN:

La presente investigación realizada en INIAP Boliche, trata sobre la caracterización poscosechada de la calidad del fruto de la pitahaya amarilla y roja del Ecuador y sirvió para determinar las características organolépticas y sensoriales, así como el patrón de maduración del fruto. Tiene el propósito de dar a conocer resultados de mucha importancia en base a análisis y datos comparativos tanto para el cultivador industrial y exportador.

No. DE REGISTRO (en base de datos):

No. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):

ADJUNTO PDF:

SI

NO

CONTACTO CON AUTOR/ES

Teléfono: 2291423

E- mail: josealva57@hotmail.com

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:

Nombre: Ing. Agr. Ricardo Moreira Macías, Msc.

Teléfono: (04) 2288040

E-mail: www.ug.edu.ec/facultades/cinciasagrarias.aspx

## RESUMEN

Durante octubre del 2013 y mayo del 2014 se llevó un estudio sobre la caracterización poscosecha de la calidad del fruto de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) y la pitahaya roja (*Hylocereus undatus*), cuyo objetivo general fue determinar las características organolépticas y sensoriales, así como el patrón de maduración del fruto de la pitahaya amarilla y roja cultivada en Ecuador.

Para lograr este propósito se evaluaron durante 15 días, a partir de la cosecha, varios estándares de calidad del fruto, tales como: pérdida de peso, materia seca, sólidos solubles totales, acidez titulable, coloración del exocarpo, relación de madurez y daños relacionados por el ataque de agentes bióticos.

Los resultados indicaron que el fruto en ambas especies pierde aproximadamente un 16,98 % del peso de la fruta al final de la poscosecha; los valores de materia seca decrecen hasta un 15 y 17 % al final de la maduración para pitahaya roja y amarilla, respectivamente. En cuanto a la concentración de azúcares totales, tanto en pitahaya roja como amarilla se verifica un ligero patrón de respiración climatérica al inicio de la maduración, luego el proceso se detiene y presenta un patrón típico de respiración no climatérica.

Los valores de acidez titulable del fruto fueron similares en ambos cultivares y oscilaron entre 1,20 y 1,28 % en forma general.

En pitahaya amarilla, una vez cosechado el fruto, éste genera un ligero incremento de la calidad del color hasta tres días después de la cosecha (de 27,27 a 29,74), cayendo hacia el final del experimento (de 29,74 a 6,65)

La pitahaya roja expresa un sostenido incremento de la calidad del color desde el momento de la cosecha hasta 15 días después de ésta (desde 27,5 a 37,2). La relación de madurez se expresa más alta en pitahaya amarilla en el día 12 de la poscosecha (14,69) y en el día tres en pitahaya roja (8,93), siendo los valores en términos generales más altos en la primera de las especies mencionadas.

Por último, la pitahaya roja es muy susceptible en poscosecha al ataque de hongos, tales como: *Colletotrichum*, *Cladosporium*, *Verticillium*, y *Penicillium*. En este estudio, y con base en las variables evaluadas, se verificó la tendencia de la pitahaya a mostrar un patrón de respiración no climatérica.

## SUMMARY

Between October 2013 and May 2014, a study was carried out on the post-harvest characterization of the quality of two different types of dragon fruit: yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) and red pitahaya (*Hylocereus undatus*). The overall objective was to determine the organoleptic and sensory characteristics and the ripening pattern of yellow and red dragon fruit grown in Ecuador.

To achieve this purpose, for 15 days after harvest, we evaluated various standards of fruit quality, such as weight loss, dry matter, total soluble solids matter, titratable acidity, coloration of the exocarp, maturity ratio, and damage related to attack by biotic agents.

The results indicated that in both species the fruit lost about 16.98% its weight at the end of the post-harvest period; dry matter values decreased to 15 and 17% at the end of maturation for red and yellow pitahaya, respectively.

As for the concentration of total sugars in both the red pitahaya and the yellow one, it was verified that there is a light pattern of climacteric respiration at the beginning of maturation, and then the process stops and a typical non-climacteric pattern of respiration presents.

The values of titratable acidity of the fruit were similar in the two cultivars, mostly ranging between 1.20 and 1.28%. After harvest of the yellow pitahaya, this generates a slight increase in color quality up to three days after harvest (27.27 to 29.74), which fell toward the end of the experiment (from 29.74 to 6.65). The red pitahaya, however, expressed a sustained increase in color quality for 15 days after harvest time (from 27.5 to 37.2).

The maturity ratio was highest in the yellow pitahaya on post-harvest day 12 (14.69) and on the third day after harvest in the red species (8.93), with higher values in general terms in the former species. Finally, the red pitahaya is very susceptible to postharvest attack by fungi, such as *Colletotrichum*, *Cladosporium*, *Verticillium* and *Penicillium*. Based on the variables evaluated in this study, it was verified that pitahaya show a pattern of non-climacteric respiration.

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de pitahaya para exportación es reciente en Ecuador, empezando su cultivo con variedades introducidas de Colombia en el noroccidente de la provincia de Pichincha. Desde hace unos 10 años se cultiva la especie *Selenicereus megalanthus* en el cantón Palora de la provincia Morona Santiago, con una superficie de más de 70 hectáreas (**MAGAP, 2013**).

Actualmente el término pitahaya se usa exclusivamente para designar a los frutos de los géneros *Stenocereus* e *Hilocereus* (**Sánchez, 1984**).

La pitahaya es una fruta usada de diferentes formas por nuestros pueblos desde tiempos precolombinos, por ejemplo, en la alimentación, tintes y medicinas.

Las frutas son estructuras vivas y por lo tanto se ven afectadas por las condiciones del medio y el manejo que se haga de ellas. La falta de conciencia sobre este aspecto hace que se exponga a temperatura y humedades relativas inadecuadas, manejos bruscos que causan impactos, cortes y compresión, los cuales aceleran los procesos de respiración y transpiración de la fruta, reduciendo su calidad y tiempo de vida útil (**Bolaños, 2002**).

La calidad depende de las mínimas características físicas como son: estar enteras y sin heridas, ser de forma ovoide, presentar un aspecto fresco y de consistencia firme; el pedúnculo debe medir de 15 a 20 mm de longitud y deben estar sanas (sin ataques de insectos o enfermedades).

Además, deben estar limpias (sin espinas), exentas de materias extrañas visibles (principalmente en el orificio apical), estar libres de humedad externa anormal, exentas de olores y sabores extraños y los residuos de plaguicidas no deben exceder los límites máximos establecidos por el Codex Alimentarius **(FAO, 2006)**.

Para la desinfección y limpieza a fondo, en otra pila o tanque, los frutos deben desinfectarse y lavarse para eliminar los organismos que causan la pudrición y la suciedad que traen del campo, con una mezcla de agua y detergente.

El secado se puede hacer con toallas o abanicos eléctricos.

Para la selección de la fruta deben considerarse los siguientes aspectos: forma homogénea (redonda u ovalada), tamaño uniforme, grado de madurez, forma y distribución de las brácteas, peso y sanidad.

La selección debe ser estricta y muy cuidadosa para cumplir con la calidad de exportación.

La fruta clasificada se la coloca en gavetas de plástico cuando es para la industria y en cajas de cartón corrugado (de 2,9 a 3,5 kg) cuando es para la exportación en fresco **(Onofre y Esparza, 2004)**.

Los mercados internacionales de frutas y hortalizas frescas procesadas han presentado un gran dinamismo en los últimos años, impulsados por los cambios en las preferencias de los consumidores. Sin embargo, Ecuador, a pesar de ser un país eminentemente agrícola, no ha podido aprovechar tal recurso; este es el caso de la pitahaya que es una fruta exótica con un

importante y creciente mercado internacional, pero que no ha contado con el respaldo tecnológico que le permita posicionarse en el competitivo mercado frutícola (**MAGAP, 2013**).

El presente trabajo busca determinar el estado natural de la calidad del fruto que se produce en Ecuador y que llegue a los consumidores para sugerir y mejorar la calidad integral de estos y su tiempo de vida poscosecha.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿De qué manera influye la falta de estudio sobre la organoléptica, sensorial y poscosecha en la producción para exportación de pitahaya, del cantón Cerecita en la provincia del Guayas, Ecuador?

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Determinar las características organolépticas y sensoriales, así como el patrón de maduración del fruto de la pitahaya amarilla y roja cultivada en Ecuador.

### **Objetivos específicos:**

1. Determinar el peso, forma, longitud, diámetro y proporción epicarpio-mesocarpio del fruto.
2. Establecer la concentración de sólidos solubles totales, porcentaje de acidez, color y materia seca del fruto.

3. Estudiar el patrón de maduración del fruto de la pitahaya amarilla y roja.

## **JUSTIFICACIÓN**

Al revisar las ventajas nutricionales de la pitahaya, considerando que el consumo de sus pulpas ayuda a mejorar la digestión, además, que es recomendada para personas con diabetes y problemas endocrínógenos; y, la necesidad de obtener un producto en óptimas condiciones de madurez en la planta, que permita ofrecer una fruta de calidad para el consumo interno y exportación, se reviste de importancia realizar un estudio organoléptico y sensorial de la pitahaya amarilla y roja en el Ecuador, en la zona de Cerecita de la provincia del Guayas.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Clasificación taxonómica de la pitahaya amarilla. (*Selenicereus megalanthus*) y pitahaya roja (*Hylocereus undatus*)

Según Esquivel y Araya (2012), se clasifican de la siguiente manera:

Pitahaya amarilla	Pitahaya roja
Reino: Plantae	Reino: Plantae
División: Magnoliophita	División: Magnoliophita
Clase: Magnoliopsida	Clase: Magnoliopsida
Orden: Caryophyllales	Orden: Caryophyllales
Familia: Cactaceae – cactácea	Familia: Cactaceae-
Género: <i>Selenicereus</i>	cactácea
Especie: <i>Megalanthus</i>	Género: <i>Hylocereae</i>
Tribu: Hylocereeae	Especie: <i>Undatus</i>
Categoría: fruta	Tribu: Hylocereeae
Nombre científico:	Categoría: fruta
<i>Selenicereus megalanthus</i>	Nombre científico:
	<i>Hylocereus undatus</i>

### 2.2. Generalidades del cultivo

La pitahaya es una planta trepadora que posee un sistema radicular superficial que alcanza hasta 15 cm de profundidad en el suelo.

El crecimiento de las raíces es paralelo a la superficie del suelo. Además, desarrolla raíces adventicias a partir de los tallos, las que le permiten adherirse, trepar y mantener la planta erecta (**OIRSA et al., 2007**).

La pitahaya tiene dos tipos de raíces: primarias y secundarias. Las primeras se localizan en el suelo, tienen una longitud de 5 a 25 cm y su área de expansión aproximada es de 30 cm de diámetro; por otro lado, las raíces secundarias son las que sobresalen del suelo y sirven para fijar y soportar la planta al tutor, así como para absorber los nutrimentos y agua del medio (**Martínez, 2008**).

### **2.2.1 Ciclo fenológico**

**Garnica y Quintero (1994)** indican que la etapa reproductiva puede ocurrir desde el primer año; el número de flores y por consiguiente de frutos es muy reducido al principio pero durante los siguientes años la producción aumenta paulatinamente hasta estabilizarse entre los seis y siete años y pueden mantenerse productivas hasta los 15 ó 20 años, dependiendo del manejo.

El desarrollo de los frutos está ligado a la estación lluviosa; la emergencia de las yemas florales tiene efecto después de las primeras precipitaciones.

La longitud del día también ejerce influencia en el inicio de la producción. El mayor rendimiento coincide con el solsticio de verano donde los días son más largos que las noches. Cada año pueden registrarse de cuatro a seis ciclos de desarrollo de flores y frutos.

Las cosechas más altas se registran en los meses de junio hasta septiembre, en estos meses se registran tres ciclos de alta producción de frutos; las cosechas de los mismos están separados aproximadamente por 25 días cada ciclo y comprenden tres fases:

- Aparición de los botones florales y su desarrollo; puede durar de 10 a 31 días.
- Antesis, donde cada flor abre solo una vez en la noche y todas las flores de la planta pueden florecer en un lapso de tres a cinco días.
- La maduración de la fisiología del fruto. Inicio del cambio de color de la cáscara que puede durar de 27 a 39 días; la maduración de los frutos de toda la planta puede ocurrir en tres o cinco días.

Se ha observado que las plantas que permanecen con sombra tienen una baja producción. Las lluvias, si ocurren en la época de la floración, reducen drásticamente el cuajado de las mismas y se pudre el ovario de las flores **(Garnica y Quintero, 1994)**.

El crecimiento vegetativo también está relacionado con las lluvias, las brotaciones ocurren cuando las lluvias son más intensas y prolongadas, la falta de humedad y las bajas temperaturas afectan el crecimiento vegetativo. La sombra ayuda al crecimiento vegetativo, sin embargo, la sombra excesiva produce tallos delgados con una coloración verde oscura **(Garnica y Quintero, 1994)**.

### **2.2.2 Fisiología de la planta**

Por ser una cactaceae, sus características fisiológicas se adaptan bien a las condiciones áridas y semiáridas. Una de las formas de disminuir la pérdida

de agua de la planta es mantener los estomas cerrados cuando las condiciones ambientales favorecen la transpiración.

El proceso fisiológico que responde a estas adaptaciones es conocido como metabolismo. Las plantas abren sus estomas y absorben  $\text{CO}_2$  principalmente por la noche y en las primeras horas del día, y lo acumulan como ácido málico en las vacuolas; durante el día los estomas están cerrados y liberan el ácido málico de las vacuolas para ser utilizados en la síntesis de carbohidratos.

Cuando las condiciones ambientales son benignas las plantas pueden absorber  $\text{CO}_2$  durante algunas horas luz. Las condiciones ambientales que afectan la absorción de  $\text{CO}_2$  y por consiguiente la fotosíntesis son: el exceso de humedad del suelo, alta humedad relativa del ambiente, temperatura, cantidad y calidad de la luz, longitud del día, concentración del  $\text{CO}_2$  y el viento (**Chávez y Stevenson, 1992**).

Las raíces de las cactáceas son monosuculentas. El sistema radicular es poco profundo, de 5 a 15 cm de profundidad, y la mayoría del agua la toma a esa profundidad.

Cuando el suelo se seca las raíces laterales finas generalmente mueren, mientras que las raíces grandes se recubren de una capa de corcho (peridermis).

La conductividad hidráulica de las raíces disminuye cerca de 10 veces con respecto al suelo seco, lo cual reduce la pérdida de agua desde los tejidos de la planta al suelo (**North y Nobel, 1992**).

### 2.2.3 La floración

Es importante conocer los ciclos de floración de la planta, ya que permite al productor programar su periodo de corte o cosecha. En una misma planta pueden coincidir en un momento determinado varias fases de desarrollo: frutas maduras, frutas con 12-20 días de desarrollo, flores a punto de abrirse, flores con dos días después de la floración y yemas florales recién iniciadas (**Barbeau, 1997**).

La floración ocurre desde mayo hasta noviembre, especialmente al principio y al final del periodo y cuando la polinización cruzada es deficiente no amarran los frutos (**González y Ricardo, 1998**).

Al inicio de la floración, de tres a cinco botones esféricos emergen desde los márgenes de los tallos y dos o tres pueden desarrollarse a yemas florales en 13 días aproximadamente. De botón floral a floración transcurren entre 15 y 20 días, y de floración a fruto maduro de 30 a 40 días aproximadamente (**Le Bellec et al., 2006**).

Teóricamente pueden darse de siete a nueve ciclos de floración, pero en la práctica sólo se dan de cinco a seis, ya que algunos no llegan a darse o son muy débiles por causas nutricionales o climáticas.

Algunos agricultores opinan que el hecho de dejar madurar el fruto totalmente en la planta ocasiona retraso en la aparición de una nueva floración (**Barbeau, 1997**).

También es importante saber que la aplicación de riego durante la época seca no provoca floración y sólo el aporte de agua en los días próximos a la

temporada lluviosa parece tener una respuesta positiva, ya que aparentemente el proceso de floración está en dependencia del fotoperiodo.

El derrame de flores es un fenómeno importante y se desconocen sus causas; aplicaciones de fertilizantes foliares o urea foliar parecen reducirlo (**Barbeau, 1997**).

La flor de *Hylocereus undatus* se caracteriza por ser tubular, hermafrodita, blanca o de color rosado, con numerosos estambres. Las flores son grandes y miden más de 30 cm de largo abren una sola vez durante la noche y su aroma atrae a muchos insectos (**Onofre y Esparza, 2004**).

Puede llegar a existir la autopolinización y la polinización cruzada ya que los murciélagos actúan como polinizadores al visitar las flores por las noches. Sin embargo, los murciélagos vuelan cerca de las flores pero no entran a ellas como lo hacen las mariposas nocturnas, las cuales permanecen de 10 a 15 segundos. Durante las dos primeras horas de la mañana es muy intensa la actividad de abejas (*Apis* y *Ashmeadiella*) así como de abejorros (*Bombus* sp.).

La flor es tubular, hermafrodita, con ovario en la parte inferior (cubierto de espinas en el caso de *Selenicereus*), con un solo lóbulo, cámara nectarial, numerosos estambres, brácteas completamente verdes o verdes con orillas rojas, pétalos blancos, amarillos o rosados, es grande (de 20 a 40 cm de longitud y hasta 25 cm en su diámetro mayor), muy vistosa, abre en la noche y solamente en una ocasión.

Las primeras floraciones ocurren al inicio de las lluvias, después de ser polinizadas toman posición colgante (**Jirón, 1997**).

Las flores blancas grandes son usadas como flores ornamentales, conocida como Reina de la Noche.

	<b>Emergencia de botón floral</b>	<b>Apertura de flor</b>	
	<b>Apertura de flor en días</b>	<b>Cosecha en días</b>	<b>Cosecha</b>
Amarilla	21	35	56
Roja	20	35	55

Muchas de las especies de pitahaya requieren de agentes externos que realicen la polinización cruzada, pero dado que sólo abren en una sola noche, se necesita de agentes que sean altamente efectivos en la polinización. Aunque las hormigas y las abejas participan en estas acciones, su eficiencia es muy baja.

En sus países nativos la polinización la realizan murciélagos o polillas de la familia *Sphingidae* del género *Maduca*.

No existen mayores problemas relacionados con los rendimientos de fruta en los principales países productores de Latinoamérica y Asia. (**Le Bellec et al., 2006**).

La dehiscencia ocurre unas pocas horas antes de la apertura completa de la flor. El polen es muy abundante, pesado y grueso. Las flores abren entre las 20h00 y las 20h30. A las 14h00 del día siguiente la flor se cierra, después de ser polinizada (**Le Bellec et al., 2006**).

La parte inferior de una flor no fertilizada se vuelve amarillenta y la flor completa cae a los 4 -6 días después de la floración, mientras que la parte

inferior de una flor fertilizada se mantiene verdosa y aumenta enormemente en volumen, lo que indica que el fruto ha cuajado (**Le Bellec *et al.*, 2006**).

#### **2.2.4 Fructificación**

El fruto es una baya de forma ovoide, redondeada o alargada, de 10-12 cm de diámetro; la corteza tiene brácteas escamosas de consistencia carnosa y cerosa; presenta abundantes semillas pequeñas (1 mm) brillantes, distribuidas en toda la pulpa (**Lezama *et al.*, 2005**).

Del primero al tercer periodo las flores tardaron 10, 21 y 31 días, respectivamente, desde la brotación de la yema hasta 14 antesis, mientras que el inicio de la maduración de los frutos ocurrió en 39, 36-41 y 39-41 días, respectivamente, en cada uno de los periodos.

La cosecha, una de las actividades más importantes y delicadas, se realiza en el periodo de junio a septiembre y en ocasiones hasta principios de octubre.

Los frutos se deben cosechar cuando alcanzan su madurez fisiológica, esto es, cuando adquieren una coloración amarilla o verde claro, aunque puede variar el criterio, dependiendo del tipo de mercado de destino (regional o exportación).

Durante la cosecha se realizan de cuatro a cinco cortes, con espaciados de un mes. Julio es el mes más importante de la cosecha, mientras que en junio y octubre se obtiene la menor producción. (**Rodríguez, 1993**).

La medición de los grados brix se realizó en la tercera cosecha y no se encontró efecto significativo a las aplicaciones de nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes. Los resultados muestran variaciones de 10,50 a 12,24 %, encontrándose dentro del rango determinado ya que, según **Cruz (1992)**, el contenido de grados brix es de 11,4 %.

La composición química del fruto de pitahaya amarilla y pitahaya roja se diferencia tanto en el color de sus frutos como cualquier fruta tropical; tiene altas cantidades de líquido en su interior (casi el 90% es agua con un sabor dulce), por cada 100 gr de fruta, 55 g es de parte comestible.

<b>Pitahaya amarilla</b>		<b>Pitahaya roja</b>	
<b>Factor nutricional</b>	<b>Contenido</b>	<b>Factor nutricional</b>	<b>Contenido</b>
Ácido ascórbico	4.0 mg	Ácido ascórbico	25.0mg
Agua	85.4 g	Agua	89.4 g
Calcio	10.0 mg	Calcio	6.0 mg
Calorías	50.0	Calorías	36.0
Carbohidratos	13.2 g	Carbohidratos	13.2 g
Cenizas	0.4 g	Cenizas	0.4 g
Fibra	0.5 g	Fibra	0.5 g
Fósforo	16.0 mg	Fósforo	16.0 mg
Grasa	0.1 g	Grasa	0.1 g
Hierro	0.3 g	Hierro	0.1 g
Niacina	0.2 mg	Niacina	0.2 g
Proteínas	0.4 g	Proteínas	0.5 g
Vitamina A	-U.I	Vitamina A	-U.I

### **2.2.5 Requerimientos de producción**

La pitahaya se adapta a un amplio ámbito de alturas y precipitaciones; sin embargo, existen más problemas fitosanitarios y menor producción en zonas de alta precipitación. Por ser una cactácea presenta tolerancia a elevadas temperaturas (38 - 40 °C) y largos períodos de sequía, pero no a las acumulaciones de agua.

Durante la floración requiere lluvias, aunque una alta precipitación causa la caída de las flores. En general, prosperan de 0 a 1.850 msnm, con temperaturas entre los 18 y 27 °C y precipitaciones de 650 a 1.500 mm anuales. Aunque se desarrollan mejor en los climas cálidos subhúmedos, también se adaptan a los climas secos; no soportan las bajas temperaturas.

La pitahaya amarilla de Ecuador se encuentra entre 308 y 2.900 msnm, con temperaturas de 18 a 25 °C, la precipitación está entre los 1.500 y 2.000 mm de lluvia al año, aunque el cultivo se desarrolla bien con precipitaciones inferiores (**El Agro, 2013**).

En terrenos planos la siembra de plantas puede hacerse a una distancia entre plantas de 1 a 3 metros, y entre hileras de 2 a 4 metros. Es conveniente dejar una mayor separación entre calles que entre plantas, para realizar las diversas labores culturales ya sea con yunta o tractor. (**Ortiz y Hernández, 2000**).

**Sven Merten (2004)** indica que las plantas jóvenes responden adecuadamente a la cantidad de 1 litro por planta y en riego por goteo y suelos arenosos, desaconsejándose los suelos arcillosos en zonas donde

coincide la temporada de lluvia con la floración, como Florida y Hawái, ya que produce la pérdida de plantas.

### **2.2.6 Zonas de producción del cultivo**

En Ecuador podemos encontrar pitahaya amarilla (*Cereus Triangularis* Haw) y una poca cantidad de la variedad roja (*Cereus Ocamponis* S.D.) en estado silvestre, en los sectores del noroccidente de Pichincha como son: Alluriquín, Mindo, El Pacto, La Delicia y El Paraíso; en Chimborazo, en la zona de Gualea-Pacto, Pallatanga; en las zonas de la cordillera oriental de las provincias de Cañar, Azuay y Loja; y, en menor superficie en el sector occidente de Carchi e Imbabura. En la Costa, sector de Cerecita, provincia del Guayas, y en el Oriente, en Palora, cantón de la provincia Morona Santiago. Y, en la Isla Puná.

La tribu *Hylocereae* se diferencia en el área caribeña en varios géneros, la mayoría de los cuales llegaron hasta México en donde actualmente viven en distintos hábitats, especialmente como epífitas (**BRAVO, 1978**).

### **2.2.7 Labores culturales**

#### **2.2.8 Poda**

En cuanto a la poda, durante el primer año se eliminan las vainas con orientación hacia el suelo. Cuando la planta alcanza la parte superior del tutor se realiza otra poda, para estimular la formación de vainas; posteriormente se eliminan las vainas pequeñas y entrelazadas para evitar el efecto de competencia por nutrientes y sombra (**Guzmán, 1996**).

Tipos de podas: de formación, mantenimiento y la sanitaria. La formación se realiza en plantaciones recién establecidas, eliminándose todos los tallos o brotes que salen hasta una altura de 60 cm de la superficie del suelo y dejando desarrollar uno o dos tallos hasta que alcancen el extremo del tutor **(OIRSA, 2007)**.

Cuando la planta se ha desarrollado mucho es necesario podar, para eliminar los tallos que se entrecruzan entre las calles o surcos y que obstaculizan las labores culturales y de recolección de frutos.

También se requiere podas para inducir nuevos rebrotes y formación de frutos. En la poda sanitaria son eliminados los tallos que se arrastran en el suelo, para evitar la infección **(OIRSA, 2007)**.

La poda es una práctica fundamental en el cultivo de pitahaya. Es indispensable señalar que donde se corta una rama inmediatamente hay floración o emisión de brotes.

Debe practicarse la poda además para eliminar ramas que llegan al piso y entresacar las que obstaculicen las labores ordinarias dentro de la plantación.

Durante la labor de poda es necesario orientar las ramas desviadas, con el fin de guardar un ordenamiento dentro de la cama o la espaldera **(Cáliz *et al.*, 2005)**.

Los resultados de los experimentos en poda indican que hay un efecto positivo de la poda sobre la producción de fruta en pitahaya amarilla. El efecto de la poda corta permite que se tenga un desarrollo constante de

ramas, desde secundarias hasta ramas sextas, siendo en estas ramas donde se concentra la mayor producción de frutos (**Rebolledo, 2011**).

### **2.2.9 Mantenimiento**

Es una etapa que busca generar condiciones óptimas para garantizar que el cultivo tenga una producción sostenible y rentable, mediante la ejecución de las siguientes labores:

#### **2.2.10 Amarre y orientación**

Se hace con el fin de guiar la planta por la espaldera. Dada la fragilidad y el peso de los tallos, se recomienda utilizar materiales naturales como calcetas de plátano (**OIRSA, 2007**).

Se hace cuando la planta está en crecimiento, al primer año de trasplantado; consiste en eliminar las ramas que están desorientadas sin aprovechar eficientemente la luz y obstaculizan las labores agrícolas en general.

Cuando la planta alcanza 1.70 m de altura se corta la yema apical a fin de estimular la brotación de yemas laterales, las mismas que se orientan a los lados de las espalderas (**Pozo y Sánchez, 2011**).

Tienen por objeto eliminar periódicamente tallos dañados, mal formados y afectados mecánicamente. Facilitan la ventilación y reducen el desarrollo de enfermedades. No deberá dejarse las ramas cortadas en el suelo puesto que éstas se descomponen y fácilmente pueden constituirse en focos infecciosos para el cultivo (**Pozo y Sánchez, 2011**).

Se realizan después de la cosecha, cortando las puntas de las ramas que han producido fruto y que han sido cosechadas, esta poda estimula el engrosamiento de las ramas laterales y la formación de nuevas ramas productivas (**García, 2003**).

Se practican varios sistemas de sostén de pitahaya, aplicados en función de condiciones ecológicas y rentabilidad, entre estos están: espaldera normal, espaldera en T y sistema de emparrado (**MAGAP, 2002**).

### **2.2.11 Fertilización**

Hasta el momento no existen estudios que reporten las exigencias nutricionales del cultivo; sin embargo, tanto las enmiendas del suelo como la fertilización requieren de un análisis de suelo. Se ha podido determinar que esta especie tiene altas exigencias de potasio, medias de nitrógeno y bajas de fósforo (**OIRSA, 2007**).

El aspecto de fertilidad ha sido poco investigado; estudios sobre fertilización realizada en Colombia mostraron que la pitahaya responde mucho mejor a las aplicaciones orgánicas así como a la fertilización nitrogenada foliar (**Natividad, 1995**).

El mejor método de distribución es el que asegura la colocación de los fertilizantes en la proximidad inmediata de las raíces, en el momento en que la planta las necesita, sin que las deje en contacto directo con las semillas (**Solórzano, 1997**).

Según **López y Guido (2002)**, la pitahaya responde bien a las aplicaciones de fertilizantes, más que nada a las de nitrógeno, manteniéndola sana,

vigorosa y productiva por mucho tiempo; el nitrógeno favorece el desarrollo de tallos y aumenta el porcentaje de flores prendidas; el fósforo contribuye a la floración y fructificación y el potasio aumenta el grosor de la corteza de las vainas.

El suelo es el medio en el cual las plantas crecen. La fertilidad es vital para que un suelo sea productivo. Al mismo tiempo, un suelo fértil no es necesariamente un suelo productivo. Factores como mal drenaje, insectos, sequía pueden limitar la producción, aún cuando la fertilidad del suelo sea adecuada **(Rodríguez, 1992)**.

Durante la tercera cosecha se mantuvo el efecto del nitrógeno y se obtuvo la mayor producción de frutas en el nivel de 40 kg/ha; sin embargo, el fósforo no ejerció un efecto significativo, esto se puede deber a que este elemento se mueve muy poco en la mayoría de los suelos, por lo general se queda en el lugar donde es puesto y nunca se acercará lo suficiente a las raíces para ser absorbido **(Pereira, 1991)**.

Las aplicaciones de Zn pueden limitar la disponibilidad de fósforo. En este estudio las aplicaciones se hicieron sobre la superficie del suelo, a la entrada de la época lluviosa sin incorporarlo para evitar daño de raíces.

### **2.2.12 Manejo de malezas**

Las malezas son perjudiciales para el cultivo de pitahaya, principalmente en las primeras etapas de plantación, dado que los tallos están pequeños y es un periodo de adaptación, no toleran una alta competencia por nutrientes **(Becerra, 1987)**.

El monocultivo rara vez utiliza toda la humedad, los nutrientes y la luz disponible para el crecimiento de la planta dejan nichos ecológicos que deben ser protegidos contra la invasión por parte de las malezas.

En los sistemas de cultivos asociados la disposición de las mezclas de cultivos pueden mantener el suelo cubierto durante toda la estación de crecimiento, sombreando las especies sensibles de malezas y minimizando la necesidad de control de estas (**Alemán, 1991**).

### **2.2.13 Cosecha**

La tecnología para este producto es incipiente y requiere más investigación. Sin embargo, cuenta con algunas recomendaciones generales al momento de cosechar la fruta en estado maduro; se corta del pedúnculo con tijeras, sin afectar la corteza de la misma (**Vargas, 1987**).

La cosecha de la pitahaya debe realizarse principalmente en las primeras horas de la mañana (8h00) y las últimas de la tarde (15h00), no dejando el producto en el campo sino transportándolo lo más rápido posible al lugar de comercialización y/o intermediario (**Flores, 1995**).

La maduración desuniforme de las frutas y el carácter espinoso de la planta hacen de la cosecha la parte más delicada de este cultivo, deben utilizarse guantes de cuero y tijeras podadoras para cortar la fruta, justamente por el péndulo y no dañar la rama, ya que causaría disminución de la próxima cosecha (**Becerra, 1992**).

### 2.3 Fisiología poscosecha

La pitahaya es un fruto no climatérico, con tasas de producción de etileno de 0.025 a 0.091 uL. kg. El tratamiento con etileno en los frutos de pitahaya no induce el desarrollo de color, la máxima tasa de respiración se presenta en etapas tempranas del crecimiento del fruto (a los 19 días después de la floración) y disminuye conforme el fruto madura.

La tasa de respiración para frutos maduros es de 95 a 144 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>.hr<sup>-1</sup> a 23<sup>0</sup> C. Por lo tanto, los frutos deberían ser cosechados cuando han madurado y alcanzado un buen sabor.

Durante los primeros estadios de desarrollo del fruto ocurre la síntesis de ácidos orgánicos y un rápido incremento de los sólidos solubles totales. El color de la piel comienza a cambiar a los 25-30 días a partir de la floración en especies de pitahaya roja, tales como *H. undatus*.

Al mismo tiempo, la firmeza de la pulpa se aproxima a un mínimo y la calidad comestible alcanza su punto más alto a los 28-37 días, después de la floración (Corrales, 2002).

De acuerdo con Wills, *et al.* (1998), una pérdida de peso superior al 5 % puede ser suficiente para disminuir la calidad en diferentes frutos. En el presente estudio se observó que con 5% de pérdida de peso las pitahayas presentaron marchitez ligera y muerte de tejido en el borde de las brácteas, lo cual ocurrió en el estado de madurez inicial, después de siete días de almacenamiento, mientras que en los estados de madurez medio y completo ocurrió a los 10 y 11 días, respectivamente.

## 2.4 Maduración del fruto

Hace referencia al proceso por el cual las frutas adquieren las características sensoriales que las definen como comestibles.

Por lo tanto, se trata de un proceso que transforma un tejido fisiológicamente maduro pero no comestible en otro visual, olfatorio y gustativamente atractivo.

Aunque el resultado difiere significativamente, la maduración organoléptica se puede completar tanto en el árbol, como en la fruta ya recolectada. En general, esta etapa es un proceso que comienza durante los últimos días de maduración fisiológica y que irreversiblemente conduce a la senescencia de la fruta.

Los cambios más palpables durante el proceso de maduración son el color, sabor, olor, textura, etc. Estos cambios son el resultado de la profunda reestructuración metabólica y química que se desencadena dentro del fruto.

En los frutos climatéricos este proceso es controlado fundamentalmente por el etileno y su actividad respiratoria. Por lo tanto, a medida que el fruto se desarrolla en el árbol sufre una serie de cambios anatómicos, fisiológicos y bioquímicos que son perfectamente evaluables, debido a la importancia de obtener frutos con unas características de madurez óptimas tanto para el consumo como para su frigoconservación, de forma que lleguen con las mejores condiciones organolépticas posibles al usuario final (**Esquivel y Araya, 2012**).

La pitahaya debe lucir fresca, tener un color intenso y brillante, sus pupos no pueden estar lastimados. La fruta debe estar libre de picaduras y golpes y no tener indicios de marchitamiento o decadencia, para evitar que sea rechazada por el importador/distribuidor (**Molina et al., 2009**).

## **2.5 Índice de madurez**

Los exportadores ecuatorianos cosechan la fruta para exportación cuando esta presenta un color verde-amarillento con un 15 % de madurez (variedad ecuatoriana). La variedad Colombiana se cosecha con el 50 – 75 % de amarillamiento (**Molina et al., 2009**).

Un índice común de madurez es el cambio de color de cáscara (piel) hasta alcanzar el color rojo total. Los índices de cosecha incluyen: cambio de color de la cáscara, contenido de sólidos solubles, acidez titulable y días después de la floración (mínimo 28 días y máximo 35 días) (**Le, 2002; Nerd and Mizrahi, 1997**).

Según **Le Bellec, et al (2006)**, el color rojo de la piel y del fruto de *Hylocereus* se debe a pigmentos de betalainas.

## **2.6 Tamaño y peso por unidad**

Dependiendo de la variedad, la pitahaya puede medir entre 8 y 12 cm de largo y de 6 a 10 cm de diámetro, y puede llegar a pesar hasta 380 g. Las empresas ecuatorianas comercializan frutas de 250 – 320 g (variedad ecuatoriana), y de 150 – 250 g (variedad colombiana). Según fuentes de información nicaragüenses, desde este país se exportan frutas de 230 a 500 g (variedad roja) (**Molina, et al., 2009**).

## **2.7 Usos**

### **2.7.1 Uso medicinal**

Los frutos contienen captina que es un tónico cardiaco. Las semillas contienen aceite de efecto laxante. El tallo y la flor se utilizan para curar afecciones de los riñones, también se usan para preparar un shampoo casero, útil para controlar la caspa y aliviar el dolor de cabeza. Sirve para aliviar el mal de Londa, que es el escorbuto, enfermedad producida por falta de vitamina C (**Molina, et al., 2009**).

### **Uso en aplicación industrial**

Es utilizado en:

- La industria de refresco y colorantes.
- Helados y néctares.
- Elaboración de vinos y miel.
- Ensaladas, sopas, mermeladas, etc.
- Industrialización de la pulpa y cáscara.
- Jarabes, conservas y licor.

## **2.8 Poscosecha**

### **2.8.1 Mercadeo**

En el mercado nacional la pitahaya continúa siendo una fruta con un consumo bajo, principalmente debido al poco conocimiento que tienen los

consumidores sobre la fruta y al alto precio de misma en el mercado. Sin embargo, muestra una tendencia creciente.

Uno de los aspectos positivos de la pitahaya es la imagen especial que la fruta imprime a la sección de frutas y la buena rotación que tiene cuando el precio es razonable. Los principales clientes de la pitahaya en los supermercados son los consumidores mayores de alto ingreso que la compran por sus propiedades medicinales (**Molina, et al., 2009**).

### **Comercio internacional**

Desde su introducción en el mercado internacional en los últimos años ha crecido el interés de los consumidores de la Unión Europea por productos nuevos y exóticos; en los resultados del estudio realizado por el Centro de Comercio Internacional de Ginebra en 1994, se identificó la pitahaya como uno de los productos con mayores posibilidades de éxito en los mercados de Holanda, Alemania, Francia y Reino Unido (**Molina, et al., 2009**).

Según este estudio el sabor agradable que responde al gusto de los consumidores, así como la lealtad de estos hacia el producto una vez que lo han probado, constituye los principales aspectos positivos de la pitahaya (**Molina, et al., 2009**).

En los mercados europeos no existen restricciones fitosanitarias al ingreso de la pitahaya ni normas de calidad de forzosa aplicación; sin embargo, el producto debe ser siempre de calidad óptima, requisito indispensable para su aceptación en los mercados, sanos, sin manchas ni cicatrices o heridas. Deben presentar uniformidad en tamaño, forma, peso y color.

El tamaño, número y disposición de las brácteas deben ser uniformes **(Molina, et al., 2009)**.

Estas se colocan en cajas plásticas en dos o tres capas, para evitar las magulladuras por sobrecarga. Posteriormente, las frutas se llevan a la empacadora donde se introducen en una solución de cloro, a una concentración de 100 ppm. Se continúa con el proceso de encerado y secado. Luego se realiza el empaque y clasificación según el tamaño y peso **(Molina, et al., 2009)**.

## **ESTÁNDAR DE CALIDAD PARA EXPORTACIÓN**

### **Norma técnica para pitahaya (NTC-3554)**

**Requisitos generales:** todas las categorías de pitahaya deben cumplir con las siguientes características físicas mínimas:

- Las frutas deben estar enteras y sin heridas.
- Deben tener la forma ovoidal, característica de la fruta.
- El pedúnculo o tallo debe medir de 15 mm a 20 mm de longitud.
- Deben estar sanas.
- Deben estar limpias (sin espinas); exentas de materia extraña visible principalmente en el orificio apical.
- Deben estar libres de humedad externa anormal producida por mal manejo en las etapas de poscosecha.
- Deben estar exentas de olores y/o sabores extraños.

**Categoría extra:** además de reunir los requisitos generales, para ser clasificadas en esta categoría, las pitahayas deben estar exentas de todo defecto.

Solamente se aceptan ligeras alteraciones superficiales de la cáscara, siempre y cuando no afecten la apariencia general del producto. Tolerancia: hasta el 5% en número o en peso.

**Categoría I:** deben cumplir los requisitos generales pero se aceptan deformaciones del fruto (como alargamiento poco pronunciado del ápice), rozaduras cicatrizadas que no excedan 1 cm<sup>2</sup> con respecto al área total del fruto, pedúnculo no mayor a 25 cm. Tolerancia: hasta el 10% en número o en peso.

**Categoría II:** en esta categoría se clasifican las pitahayas que no cumplen con las disposiciones de las anteriores categorías pero que reúnen los requisitos generales. Se admiten los siguientes defectos: manchas superficiales y/o pequeñas raspaduras cicatrizadas. Tolerancia: hasta el 10 % en número o en peso. No se admiten los frutos visiblemente atacados por podredumbre, magulladuras severas o heridas no cicatrizadas que las hagan impropias para el consumo.

**Empaque y rotulado:** para el mercado interno se pueden usar canastillas plásticas, cuyas medidas externas son 600 mm x 400 mm. Se deben empacar máximo dos capas, dependiendo del calibre de la fruta y con un peso que no exceda de 13 kg.

Para exportar se puede presentar en envases rígidos de cartón corrugado, madera o una combinación de ellos. Puede llevar separadores (de pulpa de celulosa o de cartón) y/o una capa amortiguadora en la base.

Empacarle en recipientes adecuados, según el mercado. Para el mercado externo debe empacarse en cajas, en una sola capa y cada fruta debe envolverse en papel de seda o similar, la capacidad neta de la caja debe ser de 3 kilos. Para mercado nacional debe utilizarse cajas de madera o de plástico, disponibles en el mercado y con peso neto máximo de 10 kilogramos (**Becerra, 1992**).

Cada empaque deberá llevar la siguiente información con caracteres visibles:

- Identificación del productor, exportador o empacador o ambos (nombre y dirección).
- Naturaleza del producto "pitahaya amarilla".
- Origen del producto o región productora.
- Características comerciales tales como fecha de empaque, categoría, calibre, peso neto al empacar y coloración al empacar.
- Identificación del exportador o distribuidor (nombre y dirección).
- Símbolo que indique el manejo adecuado del producto (**Angelfire, 2011**).

## **2.9 Número de frutas por caja**

En Ecuador se comercializan cajas con calibre 9 – 12 cm (variedades ecuatoriana y colombiana). Nicaragua exporta cajas de 3.5 kg que contienen entre 7 y 15 frutas. Vietnam e Israel empacan generalmente 12 frutas por caja para sus exportaciones a Europa.

Colombia utiliza calibres de 8, 10, 11 y 14 cm y se registran exportaciones eventuales de frutas para Suecia. Generalmente Suecia prefiere calibres de 10 cm, mientras que Holanda de 11 cm y Dinamarca de 12 cm (**Molina et al., 2009**).

### **2.10 Peso total de la caja**

El rango de peso por caja exportada desde Ecuador es de 2.7 – 3.5 kg.

### **2.11 Datos económicos**

Precio del producto cuando no está en producción: USD 6 por kilo.

Precio del producto cuando está en producción: USD 2 por kilo.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación

El trabajo de investigación se realizó en un laboratorio de poscosecha de frutas, en la EELS del INIAP, ubicada en el km 26, al Este de Guayaquil, en la vía Durán – Tambo, parroquia Virgen de Fátima, cantón Yaguachi, provincia del Guayas. Se ubica en las coordenadas 2 ° 15 ` 15” latitud sur y 73 ° 38 ` 40” longitud occidental y a 17 msnm /, con una pluviosidad anual de 1.154,3 mm; temperatura media anual de 26.5 °C y 76.2 % de humedad relativa media anual (INAMHI, 2007).

#### Ubicación del cultivo en estudio

Vía Guayaquil-Salinas (Cerecita, Km 52). Coordenadas (DMS): latitud 2° 21' 0'' S; longitud 80°16'60'' 0, coordenadas (UTM): X=581403; Y=9741776 Z = 31.991. Clima: 26.5 °C promedio.

#### 3.2 Materiales y equipos

- Estufa
- Bureta de titulación
- Penetrómetro
- Balanza
- Balanza eléctrica de Mettler
- Calibrador
- Colorímetro
- Refractómetro
- Cuchillo

### 3.3 Caracteres en estudio

Características organolépticas y sensoriales de la pitahaya amarilla y roja que se cultivan en el país. Por lo tanto, este estudio no presenta, como en las investigaciones clásicas, factores en estudio ni tratamientos.

Se utilizó un diseño comparativo que determinó si hay diferencia entre las dos especies de la muestra que se aplica; se utilizó la comparación de las dos variedades por medio de la “T de Student” (seudónimo usado por Gosset) en forma pareada, cuya fórmula es:

Fórmula de diseño comparativo:

$$T = \frac{d}{Sd}$$

Y se representó mediante el uso de barras los valores comparativos.

### 3.4 Variables evaluadas

- Pérdida de peso en poscosecha
- Sólidos solubles totales (grados brix)
- Acidez titulable
- Materia seca
- Color del epicarpio
- Relación de madurez
- Secuenciación fotográfica de la maduración

### **3.5 Material vegetal**

Se extrajeron de una plantación comercial 100 frutos de pitahaya amarilla y 100 frutos de pitahaya roja. La recolección se la realizó al azar y luego se determinó en laboratorio su calidad.

### **3.6 Característica de la planta madre**

Se determinaron las características de la planta de donde se extrajeron los frutos, de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Edad
- b) Altura de planta
- c) Rendimiento
- d) Características de las ramas
- e) Características del tallo
- f) Características de las hojas
- g) Presencia de plagas
- h) Sitio donde se establecerá la colección ex-situ de la variabilidad genética de los frutales nativos

### **3.7 Análisis físico-químico de la fruta**

#### **3.7.1 Análisis del peso del fruto durante el proceso de maduración (análisis no destructivo).**

Se midió la variable de calidad de poscosecha a grupos de 10 frutos de esta especie. Estos análisis se realizaron como se detalla a continuación:

Al momento de la cosecha, a los 4, 8, 12 y 16 días después de la cosecha.

Los análisis que se realizaron son como sigue:

### 3.7.2 Peso de la fruta

Se midió el peso en gramos de cada uno de los frutos, desde el inicio de la cosecha hasta 16 días después de esta.

### 3.7.3 Materia seca

Se determinó el porcentaje de materia seca a través de la relación entre muestra húmeda y muestra seca con la siguiente metodología:

Se tomó una muestra fresca de 40 g de pulpa por cada unidad experimental o fruto, la cual se dispuso en una caja de petri previamente pesada y se llevó a una estufa caliente a 75 °C por 48 horas. Luego se midió el peso de la muestra seca, a la que se restó el peso de la caja. Con los datos obtenidos se aplicó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Materia seca} = 1 - \frac{(\text{Peso de muestra fresca} - \text{peso de muestra seca})}{\text{Peso de muestra fresca}} \times 100\%$$

#### **3.7.4 Sólidos solubles totales**

Se midió a través de un refractómetro marca ATAGO, graduado en una escala de 0-32 grados brix. El procedimiento se llevó a cabo haciendo presión mecánica sobre una porción de la pulpa del fruto hasta que esta suelte gotas del jugo, misma que fue dispuesta sobre el lector del equipo; a continuación se procedió a su lectura y se registró.

#### **3.7.5 Acidez titulable**

A través de la técnica de titulación con hidróxido, se procedió a determinar el porcentaje de acidez titulable (ácido málico), de acuerdo al método **AOAC (1980)**, cuyo procedimiento es el siguiente:

- 1) Se pesaron 20 gramos de pulpa de pitahaya, se agregó 250 ml de agua destilada y se homogenizó con la ayuda de una licuadora eléctrica.
- 2) Se filtró la mezcla y del extracto se tomaron 20 ml y se colocó en un matraz Erlenmeyer.
- 3) Se llenó una bureta con una solución de hidróxido de sodio 0.01 N.
- 4) Se tomó la lectura de la cantidad de solución en la bureta.
- 5) Se adicionaron tres gotas de indicador fenolftaleína al matraz conteniendo el extracto de la muestra.

6) Se vertió el hidróxido de sodio a la muestra lentamente y en forma de goteo. Mientras se efectuaba este proceso se agitaba la muestra con la ayuda de un agitador eléctrico.

7) Cuando la muestra cambió la tonalidad a color rosa se observó por 15 segundos verificándose si este color se mantenía, luego de lo cual se daba por concluida la titulación.

8) Se tomó la lectura en la bureta sobre la cantidad de hidróxido de sodio utilizada para neutralizar la acidez de la muestra (cambio de color).

9) Cálculo de la acidez titulable.

La acidez de la muestra en este caso se expresará como porcentaje de peso del ácido prevaleciente en la misma (para este caso es ácido málico). Se aplicará la siguiente fórmula:

$$A = \frac{G \times 0.1 \times 0.067 \times 250 \text{ mL}}{40 \text{ g} \times 20 \text{ mL}} \times 100\%$$

Donde:

AT = acidez titulable (mg de ácido málico / g-1 de pulpa)

G = mL de hidróxido de sodio gastados en la titulación

0.01 = normalidad del hidróxido de sodio

0.067 = Meq. del ácido málico

250 mL = volumen de la mezcla (muestra) homogenizada y filtrada

40 g = peso de muestra

20 mL = alícuota de la muestra tomada para titulación

100 = factor de conversión

### 3.7.6 Color del epicarpio y mesocarpio

La evaluación del color se realizó por medio del colorímetro digital de fibra óptica Stellar Net. Las lecturas fueron descritas con base en los tres valores del equipo que expresan cambios por medio del índice LAB: L (luminosidad), A (cambios de verde a rojo) y B (cambios de azul a amarillo). La metodología consistió en tomar la lectura del color de la piel y pulpa en ambas caras del fruto, para detectar los cambios producidos durante el proceso de maduración en poscosecha.

A los frutos se les hizo una marca circular de aproximadamente 3 cm de diámetro en cada una de sus caras laterales y se leyó el color en los momentos indicados. Con los datos obtenidos se estableció la cromaticidad con base en la definición Cromo y ángulo ° Hue descritas por **Morris y Townsend (1997)**.

$$\text{Croma} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$^\circ \text{Hue (ángulo)} = \text{Tang}^{-1} b/a$$

La brillantez o luminosidad del color será expresado por el equipo con la expresión L.

### **3.7.7 Secuenciación fotográfica de la maduración**

En cada etapa de evaluación y área de estudio, y con la respectiva identificación, se tomaron las fotografías de los frutos, bajo luz fluorescente, con una cámara digital de 12 megapíxeles de resolución.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Característica de la planta madre

La planta donde se extrajeron los frutos de la pitahaya amarilla para el estudio tenía tres años y ocho meses, una altura promedio de 2.70 m, con un rendimiento promedio de 94 frutos en su pico más alto en la primera cosecha del año.

Las ramas estaban adheridas al tutor, con raíces adventicias en la parte del tallo hacia el tutor. La planta de un solo esqueje principal desde el suelo tenía 23 costillas principales grandes, entre 85 cm y 1.20 m de largo, con un grosor promedio de 7 cm y ancho de costilla de 7 cm. Tenía también 39 medianas de 50 cm y 85 cm y 17 costillas pequeñas de hasta 50 cm de largo, contabilizando un total de 79, con un tallo vigoroso con nuevas terminaciones de brotes y finalmente una terminación en el suelo muy bien formada.

Se observó un suelo saludable que beneficiaba el crecimiento de plantaciones homogéneas, con crecimiento vigoroso, con una coloración verde de las plantas por el manejo del cultivo y drenaje de agua. Apariencia saludable, excelente aspecto fitosanitario.

La planta madre de la pitahaya roja, tenía dos años y seis meses, con una altura de 2.90 m, con un rendimiento de 61 frutos en época de producción, con raíces adventicias que se agarran del tutor de cemento.

Habían dos plantas principales por tutor, tenían 37 costillas principales entre 90 y 1.33 cm de largo con un grosor en el perfil de la costilla de entre

7 y 8 cm de ancho; medianas había 32 de 50 a 90 cm, de color verde muy saludables y 43 pequeños de hasta 50 cm; en total tenía 112 costillas, de color verde claro y demostración de buen vigor.

El tallo herbáceo de apariencia sano, sin estrangulaciones como suele ocurrir por los amarres, con buenas ramificaciones nuevas, de color verde claro con una sola terminación en el suelo (Fotos 1 y 2).



**Foto 1.** Fruto próximo a la cosecha, utilizado en el estudio. Cerecita, provincia del Guayas. 2014



**Foto 2.** Plantío comercial de pitahaya donde se extrajeron los frutos para la experimentación. Cerecita, provincia del Guayas, 2014.

## 4.2 Análisis físico-químico de los frutos

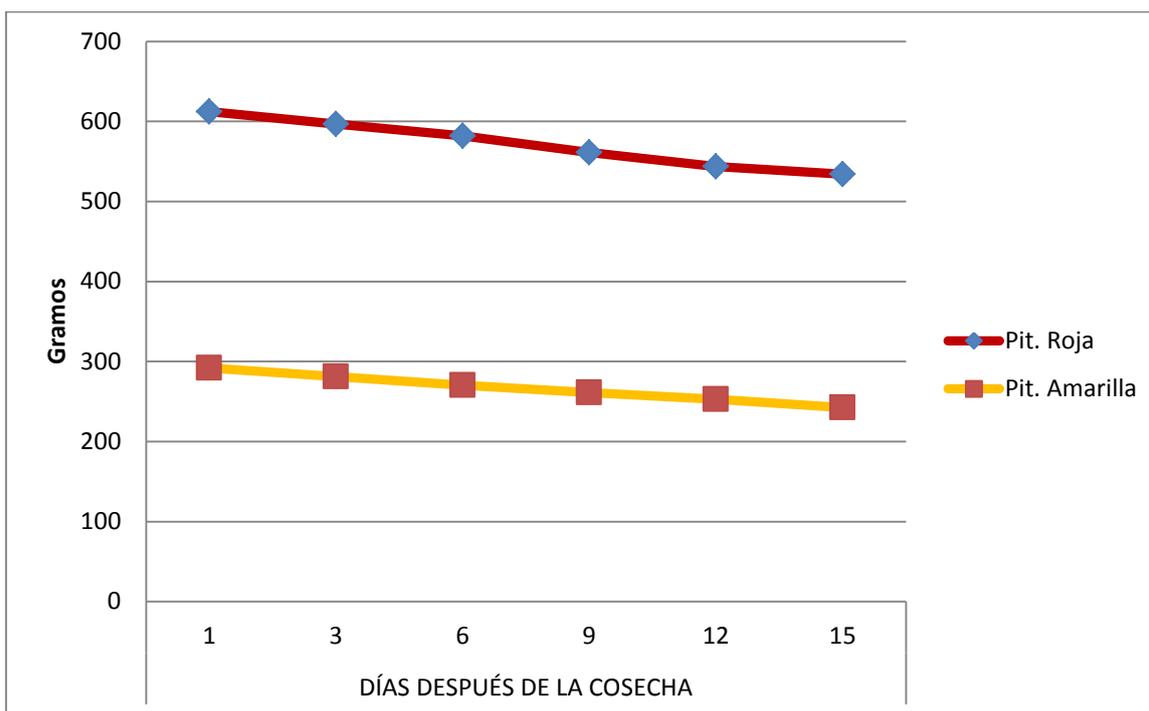
### 4.2.1 Pérdida de peso del fruto durante el proceso de maduración

Con una diferencia estadística significativa en pitahaya amarilla y no significativa en pitahaya roja, los datos de pérdida de peso del fruto durante la maduración poscosecha se pueden observar en el Cuadro 1 y su tendencia en el Gráfico 1. Nótese que existe una reducción de peso entre cada periodo de evaluación de la fruta en poscosecha, de entre 9 y 10 gramos.

En síntesis, existe una diferencia de peso de 49,6 gramos desde cuando la fruta ha sido cosechada hasta 15 días después de esta, correspondientes al 16,98 % del peso de la fruta.

**Cuadro 1.** Pérdida del peso del fruto de pitahaya amarilla y roja durante la maduración poscosecha. UG, 2014.

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Pitahaya amarilla*</b>	<b>% acumulado</b>	<b>Pitahaya roja NS</b>	<b>% acumulado</b>
<b>Días después de cosecha</b>				
<b>Un día</b>	292.10 a	0,00	612.40	0.00
<b>Tres días</b>	281.00 ab	3,80	596.80	2.54
<b>Seis días</b>	270.60 ab	7,36	581.90	4.98
<b>Nueve días</b>	261.10 ab	10,61	561.20	8,36
<b>Doce días</b>	252.70 ab	13,48	544.80	11.20
<b>Quince días</b>	242.50 b	16,98	514.10	12.78
<b>C.V.:</b>	15.81		22.01	
<b>* Significancia estadística al 95%</b>				
<b>** Significancia estadística al 99%</b>				
<b>NS: no diferente estadísticamente</b>				



**Gráfico 1. Pérdida de peso del fruto de pitahaya durante la maduración poscosecha. UG.2014**

#### 4.2.2 Materia seca

Con una diferencia estadística significativa para pitahaya roja y no significativa para pitahaya amarilla, los datos de concentración de materia seca del fruto se presentan en el Cuadro 2. Nótese en ambos tipos de pitahaya que los valores de materia seca al inicio del experimento son más altos que al final de este: 21,5 y 27,2 % y 17 y 15 % para pitahaya amarilla y roja, respectivamente.

**Cuadro 2. Cambios en concentración de materia seca del fruto de pitahaya amarilla y roja durante la maduración poscosecha. UG, 2014.**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Pitahaya amarilla</b>	<b>Pitahaya roja</b>
<b>Días después de cosecha</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
	<b>NS</b>	<b>*</b>
<b>Un día</b>	21.500	27.200 a
<b>Tres días</b>	21.500	24.500 a
<b>Seis días</b>	22.500	23.060 ab
<b>Nueve días</b>	19.500	22.000ab
<b>Doce días</b>	17.000	19.500 ab
<b>Quince días</b>	19.060	15.000 b
<b>CV:</b>	<b>27.65</b>	26.66
<b>* Significancia estadística al 95 %</b>		
<b>** Significancia estadística al 99 %</b>		
<b>NS: no diferente estadísticamente</b>		

#### **4.2.3 Sólidos solubles totales**

Con una diferencia estadística significativa para la pitahaya amarilla y no significativa para la pitahaya roja, se presentan los valores en el Cuadro 3; Se observa una similitud de las concentraciones de azúcares en el fruto durante todo el periodo poscosecha en estudio en la pitahaya roja, mientras que en la amarilla existe la tendencia a aumentar su grado brix hasta el día 12, después de la cosecha.

Nótese la notable diferencia de grados brix presentes entre la pitahaya roja y amarilla, en donde en la primera de estas oscila entre 10 y 11° brix y 16 y 16,80° brix en la segunda.

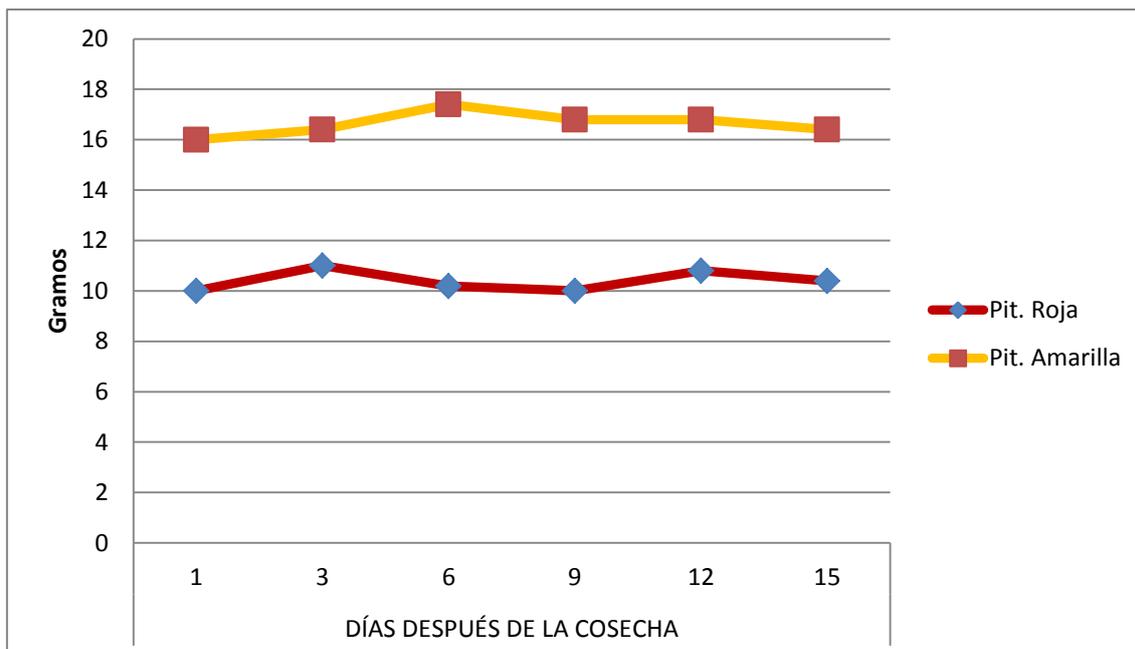
**Cuadro 3. Cambios en concentración de sólidos solubles totales del fruto de pitahaya amarilla y roja durante la maduración poscosecha. UG, 2014.**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Pitahaya amarilla</b>	<b>Pitahaya roja</b>
<b>Días después de cosecha</b>	<b>*</b>	<b>NS</b>
<b>Un día</b>	16,00 <b>b</b>	10,00
<b>Tres días</b>	16,40 <b>b</b>	11,00
<b>Seis días</b>	17,40 <b>a</b>	10,20
<b>Nueve días</b>	16,80 <b>ab</b>	10,00
<b>Doce días</b>	16,80 <b>ab</b>	10,80
<b>Quince días</b>	16,40 <b>b</b>	10,40
<b>C.V.:</b>	4,10	9,77

**\* Significancia estadística al 95 %**

**\*\* Significancia estadística al 99 %**

**NS: no diferente estadísticamente**



**Gráfico 2. Cambios en la concentración de sólidos solubles totales del fruto de la pitahaya durante la maduración poscosecha. UG. 2014.**

#### 4.2.4 Acidez titulable

En el Cuadro 4 se presentan los valores de concentración de acidez titulable del fruto, en el cual no se observa ninguna tendencia de cambio en esta variable para ninguno de los dos materiales en estudio, durante el periodo de poscosecha analizado.

Los valores de acidez titulable del fruto fueron similares en ambos cultivares y oscilaron entre 1,20 y 1,28 %.

**Cuadro 4. Cambios en concentración de ácidos orgánicos del fruto de pitahaya amarilla y roja durante la maduración poscosecha. UG, 2014**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Pitahaya amarilla</b>	<b>Pitahaya roja</b>
<b>Días después de cosecha</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>
<b>Un día</b>	1.24	1.24
<b>Tres días</b>	1.20	1.20
<b>Seis días</b>	1.24	1.28
<b>Nueve días</b>	1.20	1.20
<b>Doce días</b>	1.20	1.20
<b>Quince días</b>	1.28	1.24
<b>CV:</b>	11.90	11.90
<b>* Significancia estadística al 95 %</b>		
<b>** Significancia estadística al 99 %</b>		
<b>NS: no diferente estadísticamente</b>		

#### **4.2.5. Coloración del epicarpio**

En el Cuadro 5 y con una diferencia estadística altamente significativa en pitahaya amarilla y roja se presentan los valores de coloración del epicarpio en índice CROMA.

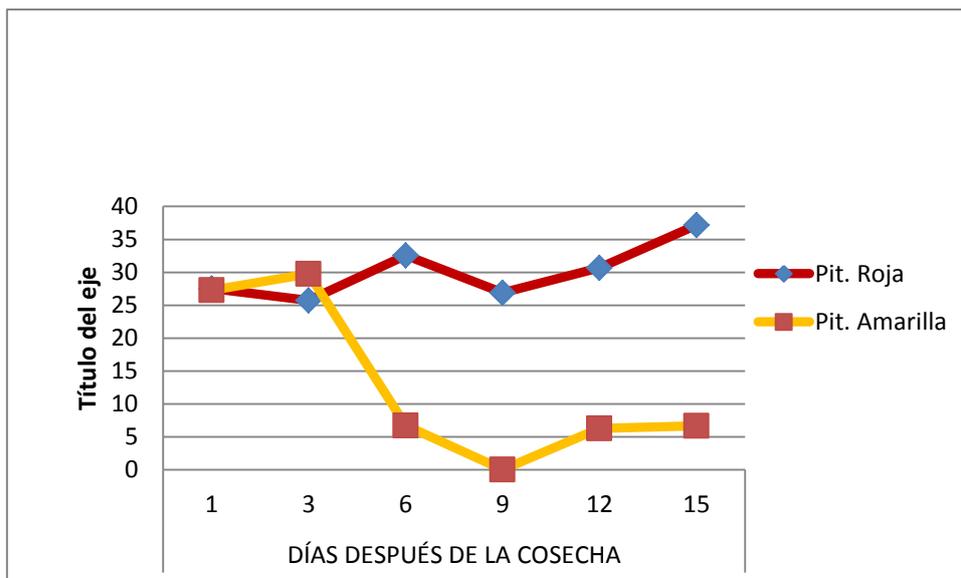
En pitahaya amarilla, una vez cosechado el fruto, genera un ligero incremento de la calidad del color hasta tres días después de la cosecha (de 27,27 a 29,74); de allí en adelante empieza a degenerarse la calidad del color, situación que se la observó hasta el final del experimento (de 29,74 a 6,65).

Por el contrario, la pitahaya roja experimenta una ligera mejora en la expresión del color desde el momento de la cosecha hasta 15 días después de esta (desde 27,5 a 37,2).

**Cuadro 5. Cambios en la coloración del epicarpio del fruto de pitahaya amarilla y roja durante la maduración poscosecha. UG, 2014**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Pitahaya amarilla</b>	<b>Pitahaya roja</b>
<b>Días después de cosecha</b>	<b>*</b>	<b>NS</b>
<b>Un día</b>	27.27 <b>a</b>	27.50 <b>a</b>
<b>Tres días</b>	29.74 <b>a</b>	25.75 <b>b</b>
<b>Seis días</b>	6.71 <b>b</b>	32.55 <b>ab</b>
<b>Nueve días</b>	7.73 <b>b</b>	26.88 <b>b</b>
<b>Doce días</b>	6.28 <b>b</b>	30.66 <b>ab</b>
<b>Quince días</b>	6.65 <b>b</b>	37.20 <b>a</b>
<b>CV:</b>	23.50	53.50

**\* Significancia estadística al 95 %**  
**\*\* Significancia estadística al 99 %**  
**NS: No diferente estadísticamente**



**Gráfico 3. Cambios en la coloración del fruto de la pitahaya durante la maduración poscosecha. UG. 2014.**

#### **4.2.6 Relación de madurez**

En cuanto a la relación de madurez del fruto en los distintos periodos de maduración poscosecha evaluados, no se observa diferencia estadística entre ellos; sin embargo, es notorio el mayor nivel de relación de madurez en pitahaya amarilla en donde se observan valores entre 13,04 y 14,69 frente a pitahaya roja con valores entre 8,01 y 8,93 (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Relación de madurez del fruto de pitahaya amarilla y roja durante la maduración poscosecha. UG, 2014.**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Pitahaya amarilla</b>	<b>Pitahaya roja</b>
<b>Días después de cosecha</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>
<b>Un día</b>	13.04	8.36
<b>Tres días</b>	13.79	8.93
<b>Seis días</b>	13.66	8.01
<b>Nueve días</b>	14.32	8.47
<b>Doce días</b>	14.69	8.56
<b>Quince días</b>	13.40	8.36
<b>C.V.:</b>	9.80	14.54
<b>* Significancia estadística al 95 %</b>		
<b>** Significancia estadística al 99 %</b>		
<b>NS: no diferente estadísticamente</b>		

### **4.3 Cambios en la fruta debido al efecto de factores bióticos durante la maduración poscosecha**

El ataque de agentes criptogámicos se detectó principalmente en pitahaya roja; al sexto día del experimento se empezó a detectar la presencia de manchas más o menos regulares de color pardo oscuro; estas fueron creciendo hasta alcanzar un diámetro de 5 cm (Foto 3) y una extensión de las manchas en conjunto que llegaba a abarcar hasta un 90 % del fruto al final del experimento, lo cual terminaba con colapsar completamente al fruto, el mismo que presentaba deterioro expuesto de sus tejidos (Foto 4).

Posteriormente, sobre las manchas parduzcas fue notorio el crecimiento de estructuras de los hongos, correspondientes a una mezcla de micelios de

color blanco, verde y negro (Foto 5), que luego de ser analizados bajo el microscopio fueron identificados como *Collectotrichum sp*, *Alternaria sp*, *Rizophus,sp* y *Fusarium sp*.

En pitahaya amarilla también se presentaron ataques fúngicos, sin embargo estos no fueron agresivos y no determinaron el colapso del fruto (Foto 6).

Los principales hongos encontrados luego del análisis fitopatológico correspondiente fueron: *Colletotrichumsp*, *cladosporiumsp*, *Verticilliumsp* y *Penicilliumsp*. En pitahaya amarilla no se observó ataque de agentes criptogámicos a lo largo del experimento, salvo una pérdida gradual de la turgencia por deshidratación y pérdida de la calidad externa, en general, por envejecimiento del fruto.



**Foto 3.** Daños fúngicos iniciales en pitahaya roja, registrados a los nueve días de la poscosecha. INIAP-EELS. 2014



**Foto 4.** Fruto de pitahaya roja con exposición de pulpa por daño fúngico, a los 15 días de la poscosecha. INIAP-EELS. 2014



**Foto 5.** Fruto de pitahaya roja con daño avanzado por hongos, a los 12 días de la poscosecha. INIAP-EELS. 2014



**Foto 6.** Fruto de pitahaya amarilla con daño por hongos, a los 12 días de la poscosecha. INIAP-EELS. 2014

TABLA 1. CAMBIOS EN EL ESTADO EXTERNO DEL FRUTO DE LA PITAHAYA AMARILLA Y ROJA DURANTE LA MADURACIÓN POSTCOSECHA						
DÍAS POSTCOSECHA						
1	3	6	9	12	15	
PITAHAYA AMARILLA						
						
PITAHAYA ROJA						
						

## V. DISCUSIÓN

El presente trabajo de investigación realizado tuvo como objetivo determinar las características organolépticas y sensoriales, así como el patrón de maduración del fruto de la pitahaya amarilla y roja.

En la determinación de la pérdida de peso durante los 15 días de evaluación de la maduración poscosecha de la pitahaya amarilla y roja se pudo corroborar el patrón universal de pérdida de peso que ocurre en todas las frutas durante su maduración; y esto es debido básicamente a la continua pérdida de agua y sustratos del fruto en forma de CO<sub>2</sub>, el cual lo pierde a través de la respiración.

Para apoyar esta respuesta, en un estudio realizado por **Robayo (2012)** sobre el uso de atmósferas modificadas en la conservación de pitahaya, se demuestra la efectiva pérdida de peso del fruto durante la poscosecha, debido principalmente a deshidratación.

Por su parte, **Benítez *et al* (2010)** en su estudio sobre frigoconservación de frutas de pitahaya en atmósferas controladas, explica la inevitable pérdida de peso del fruto durante la poscosecha y en la que logra reducirla cuando almacena la fruta en cámara controlada.

Se pudo observar para ambos cultivares que existe una reducción de peso entre cada periodo de evaluación de la fruta, de entre 9 y 10 gramos, existiendo una diferencia de peso de hasta 49,6 gramos desde cuando la fruta ha sido cosechada hasta 15 días después, correspondientes al 16,98% del peso de la fruta.

La respiración de la fruta sigue un patrón que los divide en climatéricos y no climatéricos; algunos estudios realizados por otros investigadores con pitahaya concluyeron que se encuentra dentro del grupo de los climatéricos (**Camargo y Moya, 1995; Chávez y Stevenson, 1992; Garnica y Quintero, 1994 y Rudas, 1995**) mientras que otros autores, basados en la baja concentración de etileno, encontrada en sus experimentos, afirman que no lo es (**Nerd y Mizrahi, 1997 y 1998**).

En el presente estudio y con base en los resultados observados en esta variable como en las demás, se puede sugerir que la pitahaya tanto amarilla como roja tiene un comportamiento típico para fruto no climatérico.

Con una diferencia estadística significativa para pitahaya roja y no significativa para pitahaya amarilla, los datos de concentración de materia seca del fruto, se presentan en el Cuadro 2.

Los resultados obtenidos en esta investigación responden a un patrón lógico de concentración de materia seca en frutos.

Durante el proceso de maduración de frutas en poscosecha; esto es, valores altos de materia seca, inmediatamente después de la cosecha, donde el fruto está constituido por tejidos aún endurecidos, ya que las membranas y paredes celulares aún se encuentran rígidas, mientras que en la medida que avanza la maduración del fruto estas se van hidrolizando y las paredes celulares van colapsando, dando paso al incremento del contenido de humedad del fruto o lo que es igual a la reducción de la concentración de materia seca.

Según **Leonardi y otros** (2000), después de la cosecha de las frutas disminuye el contenido de agua y materia seca; así también, **Adams-Phillips, et al.** (2003), mencionan en su estudio que, se aumentan los niveles de enzimas hidrolíticas que provocan el metabolismo de los componentes celulares de las plantas y la maduración de las frutas después de la cosecha, generando una disminución en los valores de materia seca en la medida en que el fruto avanza en su maduración.

Con una diferencia estadística significativa para la pitahaya amarilla y no significativa para la pitahaya roja, en el Cuadro 3, se presentan los valores donde se observa una similitud de las concentraciones de azúcares en el fruto durante todo el periodo poscosecha en estudio de la pitahaya roja, que es un comportamiento típico de los frutos no climatéricos, mientras que en la amarilla existe la tendencia a aumentar su grados Brix hasta el día seis después de la cosecha y luego de este periodo no se verifica incremento; en cuanto a la pitahaya roja existe un ligero incremento del porcentaje de sólidos solubles solo hasta el día tres después de la cosecha.

Es notable la diferencia de grados Brix presentes entre la pitahaya amarilla y roja, donde en la primera de estas oscila entre 16 y 17.40 °Brix y de 10 a 11 °Brix en la pitahaya roja.

Estudios realizados por **Ramírez – Mora, et al.** (2005), confirman que el menor contenido de sólidos solubles totales lo presenta el jugo fermentado de pitahaya roja, con respecto a la amarilla.

Dentro de los contenidos de azúcares del fruto, el azúcar predominante en la fruta de pitahaya estudiada es la fructosa, la cual, al igual que la sacarosa, presenta una disminución de concentración al final del tiempo de

almacenamiento, mientras que la glucosa aumenta en su concentración al final de esta.

Los azúcares son utilizados como sustratos para la respiración, principalmente aquellos atrapados dentro de la vacuola, que posteriormente son liberados de manera controlada, por medio de la glicólisis (**Nerd y Mizrahi, 1997; Planella, 1987; Tucker, Seymour y Taylor, 1993**).

En esta variable además se encontraron comportamientos similares a los obtenidos por **Garnica y Quintero (1994)**, quienes concluyeron que los grados Brix del fruto no varían significativamente durante el almacenamiento de la fruta.

Además, **Gallo (1993)** indicó que esta característica no es una equivalencia al grado de maduración de la fruta, teniendo en cuenta que los sólidos solubles totales varían con el tamaño de la misma.

En concentración de ácidos orgánicos del fruto (acidez titulable) expresado por el ácido málico como predominante, se observa una inalterabilidad en cuanto a las concentraciones durante toda la etapa de maduración poscosecha del fruto, en los dos cultivares estudiados.

Los valores de acidez titulable del fruto fueron similares en ambos cultivares y oscilaron entre 1,20 y 1,28 %. Esto tiene relación con el estudio realizado por **Fernández, et al. (2009)**, que expresan que no se observa mayor variación de acidez titulable del fruto de pitahaya de pulpa roja, blanca y rosa.

**Esquivel, et al. (2007)** indican que en el jugo de pitahaya el principal ácido orgánico presente es el ácido málico, con concentraciones de 8.20 y 6.08 g/l en los diferentes genotipos de Costa Rica.

Los valores de acidez titulable expresados por los frutos evaluados en este estudio guardan similitud con las frutas estudiadas por **Camargo y Moya (1995)** cosechadas en estado cinco, las que presentaron porcentajes de acidez titulable ubicados en un rango entre 1,00 y 1,50 %, a temperatura ambiente, similar a la aplicada en esta investigación (25+/- 1 °C).

Con una diferencia estadística altamente significativa en pitahaya amarilla y roja, en el Cuadro 5 se presentan los valores de coloración del epicarpio en índice CROMA, que es uno de los indicadores universales de la calidad del color de las frutas, entendiéndose que un incremento en los valores en esta escala indica una mejora de la calidad del color en nitidez y brillo; por el contrario, la reducción de los valores indica una declinación de la calidad del color en los aspectos mencionados.

En pitahaya amarilla los frutos experimentan un ligero incremento de la calidad del color hasta tres días después de la cosecha, los cuales dejan notar un color amarillo llamativo y agradable en toda la superficie, (de 27,27 a 29,74); de allí en adelante empieza a degenerarse la calidad del color, situación que se la observó hasta el final del experimento (de 29,74 a 6,65).

Por el contrario, los frutos de pitahaya roja experimentan una ligera y sostenida mejora en la expresión del color desde el momento de la cosecha hasta 15 días después de esta (desde 27,5 a 37,20). Es importante anotar

que existen patrones diferentes en cuanto al desarrollo del color, del exocarpo del fruto entre pitahaya amarilla y roja.

Expresándose en un cultivar como típico de maduración climatérica (roja) y en el otro cultivar (amarilla) como de maduración no climatérica. De allí es quizás el conflicto entre varios investigadores sobre el tipo de maduración de esta fruta sobre el cual no existe un acuerdo todavía.

Según **Balois-Morales *et al.* (2007 y 2008)**, el color del epicarpio del fruto de pitahaya es bastante inestable después de la cosecha, y se puede deber a la maduración del fruto. Aún así, algunas características fisiológicas como la actividad del sistema enzimático antisenescencia, además, los niveles de color, son parámetros adecuados para describir el color del fruto de pitahaya en la cosecha, como otros tejidos vegetales; sin embargo, durante el manejo poscosecha, la temperatura ambiente, la senescencia del tejido y el estrés oxidativo afectan negativamente la calidad del mesocarpio.

En el presente estudio al igual que en el estudio realizado por **Rodríguez y Patiño (2003)**, se observaron sobre un 5 % de la superficie de la fruta en pitahaya amarilla, picaduras de color rojizo de 2 a 5 mm de diámetro, distanciadas entre sí, pudiendo ser este síntoma producto de la acumulación de volátiles tóxicos (acetaldehído y etanol) generados en la suboxidación de sustratos respiratorios, consecuencia de la baja provisión de energía (**Rudas, 1995**); esta condición llega a alcanzar hasta un 20 % de la superficie del fruto. Estos signos se unieron a pequeños arrugamientos y hundimientos en las aristas, lo cual coincide con lo observado por **Rodríguez y Patiño (2003)**.

La relación de madurez es un indicador de la calidad general del fruto en poscosecha y resulta de la división de los valores de sólidos solubles totales y los valores de acidez titulable, los cuales se presentan en el Cuadro 6.

En esta variable no se observa diferencia estadística entre ellos; sin embargo, se puede determinar que el mayor nivel de relación de madurez es observada en pitahaya amarilla en donde se observan valores de entre 13,04 a 14,69 ° Brix frente a pitahaya roja con valores entre 8,01 y 8,93 ° Brix, lo cual indica una mayor capacidad de síntesis de carbohidratos por parte de esta.

La madurez del fruto se aprecia visiblemente por su color externo y puede confirmarse su estado maduro por el contenido de sólidos solubles y acidez titulable.

Como ya se mencionó anteriormente, existe divergencia o desacuerdo entre diferentes investigadores sobre el tipo de respiración de esta especie, por ejemplo, **Nerd y Mizrahi (1997)** afirman que esta es de respiración climatérica; otros autores, basados en la baja concentración de etileno que emite la fruta de pitahaya, afirman que no es y que se trata de un fruto no climatérico.

Otros estudios realizados con pitahaya concluyen que se encuentra dentro del grupo de los climatéricos (**Camargo y Moya, 1995; Chávez y Stevenson, 1992; Garnica y Quintero, 1994 y Rudas, 1995**).

Por los resultados obtenidos en este estudio se puede sugerir que el patrón de maduración seguido por la fruta es afín a los frutos de respiración no climatérica en algunas variables, y climatérica en alguna de ellas.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

Con base en los resultados obtenidos en esta investigación, se concluye lo siguiente:

- En condiciones de almacenamiento con temperatura de  $25 \pm 1$  °C, la pitahaya roja tiene un tiempo adecuado de almacenamiento de hasta nueve días; posterior a este periodo se inician daños fungosos graves en el fruto que afectan su calidad comercial.
- La pitahaya amarilla tiene un tiempo de almacenamiento que puede llegar a los 15 días, aunque el fruto luce externamente deshidratado y envejecido; no obstante internamente la fruta mantiene su calidad de consumo.
- La pitahaya amarilla presenta estándares órgano-sensoriales de calidad y de resistencia a agentes microbiológicos superiores a la pitahaya roja.
- Por el comportamiento del fruto en las diversas variables evaluadas y haciendo un aporte a la falta de certeza sobre el tipo de respiración que posee esta especie, presenta fuertes evidencias que sugieren considerarla como una especie de respiración no climatérica.

Por los resultados obtenidos, se recomienda lo siguiente:

Realizar otras investigaciones sobre el uso de tecnología poscosecha en pitahaya, tales como el uso de cámaras controladas y modificadas que busquen alargar la vida de anaquel y calidad del fruto.

## VII. LITERATURA CITADA

**Adams –Phillips, L., Barry, C., Giovannoi, J. 2003.** Signal Transduction Systems Regulating fruit ripening. *Trend in Plant Science* 9 (7): 331-338.

**Bravo, H. 1978.** Elaboración propia con bases en trabajos de Bravo-Hollin. Cultivo de pitahaya.

**Balois-Morales, R., M. T. Colinas-León, C. B. Peña-Valdivia, S. H. Chávez-Franco, e I. Alia-Tejacal. 2007.** Sistema de estrés oxidativo, fenoles-polifenol oxidasa-peroxidasa, de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) almacenados con frío. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 13: 115-120.

\_\_\_\_\_ **2008.** Sistema enzimático antisenescencia, catalasa-superóxido dismutasa, de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) almacenados con frío. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 14: 295-299.

**Becerra, L. 1987.** La pitahaya. Un cultivo con futuro en horticultura moderna. N° 5. pp. 7-10.

\_\_\_\_\_ **1992.** El cultivo de la pitahaya. Bogotá, CO. Federación Nacional de Cafeteros. 19 p.

**Bolaños, G. 2002.** Sistema para mantener la calidad de la pitahaya amarilla en procesos de cosecha y postcosecha “MOAR”. Monografía para obtener el título de diseñador industrial. Facultad de Diseño Industrial. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. CO. 28 p.

**Cáliz, H.; Castillo, R.; Rodríguez, A.; Castañeda, R. 2005.** El cultivo de la pitahaya (En línea). Tabasco, es. Consultado el 27 de marzo del 2014.

**Camargo, A. y Moya, O. M. 1995.** Estudio preliminar de la influencia del choque térmico en la inhibición de daños por frío en la pitahaya amarilla (*Acanthocereus pitahaya*). Tesis de Magister en Ciencias Farmacología, Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia. 26 p.

**Carmona, G. 1991.** Curso de caracterización y eficiencia del uso de fertilizante en el trópico. IFDC. La Lima, Cortés, Honduras. 340 p.

**Corrales, J. 2002.** Caracterización, poscosecha, aprovechamiento e industrialización de pitahayas. Universidad Autónoma Chapingo. MX. CUESTAAM. Reporte de investigación N° 65. 38 p.

**Cruz, P. H. 1992.** Fisiología de la pitahaya. Trabajo presentado en el Primer Encuentro Nacional del Cultivo de Pitahaya, San Marcos, Nicaragua. pp. 14-20.

**Chávez, S. y Stevenson, Y. 1992.** Estudio del comportamiento de algunos parámetros durante el curso de maduración de la pitahaya amarilla (*Cereus triangularis* haw). Tesis de grado en químico farmacéutico. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Nacional. Bogotá. CO.

**Rodríguez, D., Patiño, M., Miranda, D. Fischer G., Galvis, J., 2003.** Efecto de dos índices de madurez a dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw). Revista Facultad Nacional de

Agronomía - Medellín, vol. 58, núm. 2, julio-diciembre, 2005, pp. 2.837-2.857, Universidad Nacional de Colombia.

**El Agro. 2013.** Revista sobre pitahaya, una alternativa para producción de frutas. (En línea). Disponible en: <http://www.revistaelagro.com/2013/04/24/pitahaya-roja-una-alternativa-para-produccion-de-frutas-tropicales/>. (Consultado en septiembre del 2013).

**Esquivel, P. y Araya, Y. 2012.** Pitahaya (*Hylocereus sp*) fruit characteristics and in potencial use in the food industry. Escuela de Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica. Disponible en: <http://www.rvcta.org>. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. (Consultado en septiembre del 2013).

**Garnica, G. y Quintero, E. 1994.** Estudio preliminar de la influencia de las bajas temperatura sobre algunas características de la maduración de la pitahaya amarilla (*Alcanthocereus pitajaya*). Tesis de magister en Ciencias Farmacología, Facultad de Ciencias. Bogota, CO. 43 p.

**GARCÍA, M. 2003.** Cultivo de pitahaya (en línea). CO. Consultado el 27 de enero del 2014. Disponible en: [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_si2/Cultivo%20de%20pitaya.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Cultivo%20de%20pitaya.pdf)

**González, R. y Ricardo, G. 1998.** Estudio de la biología floral y agentes que polinizan el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus* Britt y Rose). Universidad Nacional Agraria. Tesis de ingeniero agrónomo. 65 p.

**Gutiérrez, G. et al. 1999.** Fisiología y Manejo Poscosecha de Frutas y Hortalizas. INTA. Nicaragua. (Consultado en marzo del 2014).

**MAGAP. 2002.** Pitahaya (en línea). Quito, EC. Consultado el 27 de enero del 2013. Disponible en: <http://www.eiag.edu.ni/Pwebs/Carreras/FRUTYWEB/CONFERENCIAS%202012/UNIDAD%20IV.%20Pitahaya/Materiales%20Pitahaya/Generalidades.pdf>

\_\_\_\_\_, **2013.** Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. MAGAP apoya al cultivo de la pitahaya. (En línea). Disponible en: [www.agricultura.gob.ec/autor/agricultura/page/12/](http://www.agricultura.gob.ec/autor/agricultura/page/12/). (Consultado en agosto del 2013).

**Martínez, S. Y. 2000.** Pitahaya como cultivo alternativo. Revista digital Agro 2000 [en línea], 2004, No. 52.  
<<http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/pitahaya-como-cultivo-alternativo/>> [2012, 29 agosto].

**Molina, D.; Vásconez, J.; Véliz, C. y González, V. 2009.** Producción y exportación de la fruta pitahaya hacia el mercado Europeo. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Economía y Negocios. Guayaquil. EC. pp. 1-8.

**Natividad, R. 1995.** El cultivo de pitahaya y sus perspectivas de desarrollo en México, Tabasco. 29 p.

**Nerd, A. y Mizrahi, Y. 1997.** Reproductive biology of cactus fruitcrops. En: Horticultural Reviews. Vol. 18; pp. 321–346.

**North y Nobel, 1992.** Ripening and postharvest behaviour of fruits of Two *Hylocereus species* (Cactaceae). Postharvest Biology and Thechnology. 17: 39-45

**Le Bellec, F., Vaillant, F. e Imbert, E. 2006.** Pitahaya (*Hylocereus spp*): a new fruitcrop, a marketwith a future. Fruits 61: 237-250.

**Lezama, A.; Tapia, A.; Muñoz, G.; Zepeda, V. 2005.** El cultivo de la pitahaya (en línea). Texcoco, MX. Consultado el 27de enero del 2013. Disponible en:  
<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/El%20cultivo%20de%20la%20Pitahaya.pdf>.

**Le, V.T. 2002.** Current status of the Vietnamese rual economy and measures for its vitalization and improving farmers in come. Proceedings of the Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS) International Symposium, Tsukuba, 16-17 octubre 2002.

**López, H.; Guido, A. 2002.** Guía tecnológica 6: Cultivo de la Pitahaya. Managua, NI. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. 28 p.

**Onofre, N. y Esparza, V. 2004.** “Proyecto de prefactibilidad de exportación de pitahaya fresca al mercado inglés”. Tesis de grado de la Universidad Tecnológica Equinoccial. EC.26 p.

**Ortiz -Hernández, Y. D. 2000.** Manual para la propagación de la pitahaya. México. Impreso en Docuprint Digital Center. p. 36.

**OIRSA, 2007.** Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. Nicaragua. Manual Técnico buenas prácticas de cultivo en pitahaya. Disponible: <http://www.oirsa.org>. (Consultado en septiembre del 2013).

**Pozo, L.; Sánchez, J. 2011.** Evaluación del desarrollo de los esquejes de pitahaya (*Cereus triangularis* Haw) en las cuatro fases lunares con dos tipos de sustratos en la parroquia Río verde, Santo Domingo de los Tsáchilas. Guaranda, EC. Universidad Estatal de Bolívar. EC. 70 p.

**Pereira 1991.** Aspectos fisiológicos de la productividad vegetal. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito, EC. 12 p.

**Ramírez-Mora, E; Martínez, R.A; Fernández-Montes, M.R. 2005.** Efecto de la concentración de azúcar y la cepa de levadura en la calidad de sidra espumosa. Brazilian journal o food technology. 5:89-95.

**Rebolledo, R. S. 2011.** Evaluación de métodos de propagación en pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (haw) Britt& Rose. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. pp. 280.

**Robayo, P. 2002.** Estudio de la influencia de atmósferas modificadas pasivas y del grado de madurez inicial en el tiempo de conservación de pitahaya amarilla (*Selinicereus megalanthus suman*). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química.

**Rodríguez y Castillo. 2000.** Pitahaya a la conquista del mercado europeo. (En línea). Disponible en: [www.elnuevodiario.com.ni/economia/23328](http://www.elnuevodiario.com.ni/economia/23328). (Consultado en septiembre del 2013).

**Rodríguez, F. 1992.** Fertilizantes, nutrición vegetal. México DF., MX. AGT.157 p.

**Rodríguez, R.; García, E. 2005.** Actividad antioxidante y composición fenólica en vinos de Castilla-La Mancha alimentaria. Revista de tecnología de higiene de los alimentos. 362:128-133.

**Rodríguez, D. y Patiño, P. 2003.** Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw). Bogotá. Trabajo de grado (Ingenieros Agrónomos). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía.

**Rudas, O. L. 1995.** Contribución al estudio de las condiciones de almacenamiento en frío de la pitahaya amarilla (*Acanthocereus pitahaya*). Tesis (Magister en Ciencias Farmacología). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. 57 p.

**Sánchez, 1984.** Pitahaya. (En línea). Disponible en: [cdigital.dgd.uanl.mx/te/1080124410](http://cdigital.dgd.uanl.mx/te/1080124410). Pdf. (Consultado en mayo del 2013).

**Sven Merten, 2004.** A review of *Hylocereus* production in the United States. Yearbook West Australian Nut and Tree Crops Association. 27: 20-29.

**Solórzano, P. 1997.** Fertilidad de suelos, su manejo en la producción agrícola. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela Alcance 51: 95-141.

**Vargas, W. 1987.** Manejo de frutas y hortalizas, comportamiento fisiológico durante la poscosecha. Tecnología del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Bogotá. CO. IICA. pp. 33-52.

**W. Magaña-Benítez, A.M. Balbin, G.J., Corrales, V. C., Saucedo, D. E. Sauri. 2010.** FRUTAS DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) FRIGOCONSERVADAS A 4 °C EN ATMÓSFERAS CONTROLADAS. Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha, Vol. 11, N°. 2, diciembre, 2010, pp. 143-147, Asociación Iberoamérica de Tecnología Poscosecha, S.C. México.