



**UNIVERSIDAD  
SURCOLOMBIANA**



**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FISIOLÓGICA DEL POMARROSO  
(*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry)”**

**NANCY VARGAS ROBLES  
LEIDY GISELA TAPIA USECHE**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
NEIVA  
2009**

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FISIOLÓGICA DEL POMARROSO  
(*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry)”**

**NANCY VARGAS ROBLES  
LEIDY GISELA TAPIA USECHE**

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de:  
**INGENIERO AGRÍCOLA**

**Director**  
**NESTOR ENRIQUE CERQUERA PEÑA**  
Ingeniero Agrícola  
Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos  
Magíster en Ingeniería Agrícola

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
NEIVA  
2009**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

**Firma del Director del Proyecto**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

**Neiva, mayo de 2009**

## DEDICATORIA

*Dedico este gran triunfo a Dios, por darme los mejores padres del mundo Lupe Useche y Arlés Tapia, a quienes agradeceré toda la vida por su cariño, apoyo que me brindaron en el transcurso de toda mi carrera y la manera como me han enseñado a vivir la vida.*

*A Nancy Vargas quien se convirtió en una amiga incondicional durante buena parte de este período y a todos aquellos que han estado conmigo en la culminación de esta etapa.*

*Leidy Gisela Tapia Useche*

*Agradezco a Dios por permitirme existir y compartir con el ser más maravilloso en mi vida, que ha sido el aliciente para cada día superarme y crecer como persona, ese ser es mi madre, María Albenis Robles, a la que admiro y dedico este logro, como a la memoria de mi padre y toda mi familia.*

*De igual forma agradezco a mi hermana Lucy y su familia por brindarme su inmenso e incomparable ayuda para culminar esta etapa, a Leidy Gisela Tapia quien me brindó su apoyo y amistad en los momentos gratos y difíciles de mi vida Y a todas las demás personas que de una u otra manera han sido partícipes durante el transcurso de esta formación profesional.*

*"cuando deseas algo con todo tu corazón, el universo conspira para que puedas realizarlo".*

*Nancy Vargas Robles*

## **AGRADECIMIENTOS**

Las Autoras expresan sus agradecimientos a:

NESTOR ENRIQUE CERQUERA PEÑA, Ingeniero Agrícola, Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Magíster en Ingeniería Agrícola, Profesor del Área de Agroindustria del programa de Ingeniería Agrícola. Universidad Surcolombiana y Director del Proyecto, por la orientación y valioso apoyo intelectual prestado.

Semillero de investigación SIDETA - Semillero de Investigación para el Desarrollo de Nuevas Tecnologías Agroindustriales.

JOSÉ DUBAN HENAO CUELLAR, Ingeniero Agrícola, PhD, en Ingeniería Agrícola en el área de postcosecha, Profesor del Área de Agroindustria del programa de Ingeniería Agrícola. Universidad Surcolombiana y asesor de este proyecto.

ORLANDO GUZMÁN MANRIQUE, Ingeniero Agrícola, Magister en Mercadeo, Profesor del Área de Agroindustria del programa de Ingeniería Agrícola. Universidad Surcolombiana y asesor de este proyecto.

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA y Docentes del programa de Ingeniería Agrícola, por sus valiosos conocimientos transmitidos durante el transcurso de la carrera que contribuyeron a una formación profesional integral; para enfrentar y solucionar con ética profesional los múltiples problemas que presenta el sector Agrícola.

CARMEN PINZÓN TORRES, Esp. Especialista en Educación matemática en la aplicación de los sistemas dinámicos, profesora de la facultad de Ingeniería, del programa de Ingeniería de Petróleos, por su valiosa orientación en el área de la química.

GLADIS QUINO, Secretaria del Programa de Ingeniería Agrícola, por su amable colaboración ofrecida.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera, mediante su ayuda y colaboración hicieron posible que este proyecto se llevara a cabo.

## CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCION	15
<b>1. OBJETIVOS</b>	16
1.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	17
2.1 POMARROSO	17
2.1.1 Generalidades	17
2.1.2 Taxonomía	18
2.1.3 Composición Química	19
2.1.4 Pérdidas de Postcosecha	20
2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS	20
2.2.1 Calidad.	21
2.2.2 Acidez.	21
2.2.3 Respiración.	21
2.2.3.1 Factores internos que influyen en la respiración	21
2.2.3.2 Factores Externos	21
2.2.4 Grados Brix	21
2.2.5 pH	21
2.3 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS	22
2.3.1 Respiración	22
2.3.2 Cambios sufridos durante el desarrollo del fruto	22
2.4 EFECTOS DE REFRIGERACIÓN EN LA CONSERVACIÓN DE FRUTOS	25
2.4.1 Empleo de bajas temperaturas	26
2.4.1.1 Refrigeración	26
2.5 TRANSFORMACIÓN DEL POMARROSO	26
2.6 ELABORACION DE MERMELADAS	27
2.6.1 Análisis Sensorial	28
2.6.1.1 Tipos de pruebas.	28
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	29
3.1 LOCALIZACIÓN	29
3.2 CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN DE ÁRBOLES EN LA CIUDAD DE NEIVA	29
3.3 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL FRUTO	30

3.3.1 Determinación de las características físicas	30
3.3.1.1 Volumen real.	30
3.3.1.2 Volumen aparente	30
3.3.1.3 Peso específico	30
3.3.1.4 Área superficial	31
3.3.1.5 Redondez	31
3.3.1.6 Resistencia a la penetración	32
3.3.1.7 Parte comestible	32
3.3.2 Determinación de las características químicas	33
3.3.2.1 Variación de los sólidos solubles (grados brix)	33
3.3.2.2 Variación de la acidez	33
3.3.2.3 Variación de ph	33
3.3.2.4 Tasa de respiración	35
3.3.2.5 Variación de peso	35
3.4 ELABORACIÓN DE LA TABLA COLORIMÉTRICA	36
3.5 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CONSERVACIÓN DEL FRUTO EN REFRIGERACIÓN.	36
3.5.1 Tratamiento de conservación	36
3.6 OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO PROCESADO A PARTIR DEL POMARROSO	37
3.6.1 Elaboración de mermelada	37
3.6.2 Evaluación sensorial	42
3.6.2.1 Nivel de aceptación del consumidor	42
3.6.2.2 Análisis sensorial	43
<b>4. RESULTADOS Y ANÁLISIS</b>	<b>45</b>
4.1 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO APROXIMADO DE ÁRBOLES DE POMARROSO SEMBRADOS EN LA CIUDAD DE NEIVA	45
4.1.1 Cuantificación del pomarroso.	45
4.1.2 Seguimiento del crecimiento del fruto en el árbol	45
4.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL FRUTO	45
4.2.1 Fruto pomarroso bajo condiciones ambientales.	47
4.2.1.1 Características físicas	47
4.2.1.2 Características físico-químicas	49
4.2.2 Fruto de pomarroso en refrigeración	49
4.3 DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO PROMEDIO Y SUS CARACTERÍSTICAS	58
4.4 ELABORACION DE LA MERMELADA	59
4.4.1. Formulación mermelada de pomarroso	59
4.4.2 Evaluación Sensorial	61
4.4.2.1 Nivel de aceptación al consumidor	61
4.4.2.2 Análisis sensorial jueces semientrenados.	64
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>68</b>

<b>6. RECOMENDACIONES</b>	70
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	71
<b>ANEXOS</b>	73

## LISTAS DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Cambios por la respiración y el crecimiento durante el desarrollo de la fruta.	23
<b>Figura 2.</b> Panorámica de la zona urbana de Neiva.	29
<b>Figura 3.</b> Medición del Volumen	30
<b>Figura 4.</b> Criterio para determinar el área superficial en frutos de pomarroso.	31
<b>Figura 5.</b> Criterio para la determinación de redondez en frutos de Pomarroso	31
<b>Figura 6.</b> Determinación de la resistencia a la penetración	32
<b>Figura 7.</b> Determinación de la parte comestible	32
<b>Figura 8.</b> Refractómetro.	33
<b>Figura 9.</b> Acidez.	34
<b>Figura 10.</b> Potenciómetro.	34
<b>Figura 11.</b> Montaje” trampas de hidróxido”.	35
<b>Figura 12.</b> Balanza electrónica	35
<b>Figura 13.</b> Materia prima en refrigeración	36
<b>Figura 14.</b> Diagrama de flujo del proceso de fabricación de mermeladas	38
<b>Figura 15.</b> Mesas de selección y clasificación	39
<b>Figura 16.</b> Pesaje de frutos de pomarrosos.	39
<b>Figura 17.</b> Despulpadora y pulpas.	40
<b>Figura 18.</b> Cocción, adición y mezcla de ingredientes	41

<b>Figura 19.</b> Mermeladas envasadas de los tres tratamientos evaluados	41
<b>Figura 20.</b> Prueba hedónica a consumidores	42
<b>Figura 21.</b> Análisis sensorial por jueces semientrenados	43
<b>Figura 22.</b> Evolución del crecimiento del fruto en el árbol	46
<b>Figura 23.</b> Comportamiento en la tasa de respiración del pomarroso en el quinto estado de madurez a una temperatura de 25.2 °C y HR del 63%	50
<b>Figura 24.</b> Comportamiento de los <sup>a</sup> Brix, pH y Acidez del quinto estado del pomarroso a temperatura 25.2 °C y HR 63 %	51
<b>Figura 25.</b> Carta de caracterización del fruto almacenado al ambiente a una temperatura 25.2 °C y HR del 63% cosechado en el quinto estado de madurez del Pomarroso " <i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & Perry"	52
<b>Figura 26.</b> Comportamiento en la tasa de respiración del pomarroso a dos temperaturas de (4-6°C y 6-8 °C de humedad relativa entre 70-100 %)	55
<b>Figura 27.</b> Variación de los <sup>a</sup> Brix, pH y Acidez del pomarroso a (4-6 °C HR 80-100%)	55
<b>Figura 28.</b> Variación de los <sup>a</sup> Brix, pH y Acidez del pomarroso a (6-8 °C y HR entre 70-90%)	56
<b>Figura 29.</b> Carta de caracterización del "pomarroso"( <i>Syzygium malaccense</i> (l.) Merr. & Perry) en refrigeración de 4-6°C y humedad relativa 80-100%.	57
<b>Figura 30.</b> Componentes del Pomarroso.	58
<b>Figura 31.</b> Resultado de prueba de degustación y aceptación a nivel del consumidor de la mermelada de pomarroso.	62
<b>Figura 32.</b> Calificación promedio de las mermeladas de pomarroso, jueces semientrenados.	64

## LISTAS DE TABLAS

	<b>pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Condiciones de almacenamiento del fruto.	36
<b>Tabla 2.</b> Producción del pomarroso en el municipio de Neiva.	45
<b>Tabla 3.</b> Promedio del volumen y peso específico de cada estado.	48
<b>Tabla 4.</b> Valores promediados de: peso, redondez, área superficial, razón área superficial/ peso en cada estado.	48
<b>Tabla 5.</b> Valoración de los parámetros físico-químicos a condiciones ambientales en el primer estado del pomarroso.	49
<b>Tabla 6.</b> Valoración de los parámetros físico-químicos a condiciones de refrigeración (4-6°C y humedad relativa entre 80-100%) del pomarroso	54
<b>Tabla 7.</b> Valoración de los parámetros físico químicos a condiciones de refrigeración (6-8°C y humedad relativa entre 70-90%) del pomarroso	54
<b>Tabla 8.</b> Cálculos de ingredientes para la fabricación de mermelada de pomarroso. (Quinto estado de madurez).	59
<b>Tabla 9.</b> Cálculos de ingredientes para la fabricación de mermelada de pomarroso. (Quinto estado de madurez sin cáscara).	60
<b>Tabla 10.</b> Cálculos de ingredientes para la fabricación de mermelada de pomarroso. (Sexto estado de madurez).	61
<b>Tabla 11.</b> Calificación y cálculos de las mermeladas según los jueces semientrenados.	65
<b>Tabla 12.</b> Calificación ajustada de las mermeladas de pomarroso.	65

## LISTAS DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
<b>Anexo A.</b> Método para determinar la tasa respiratoria.	74
<b>Anexo B.</b> Características morfológicas de los frutos, guía utilizada para determinar volumen y peso (real, específico y teórico).	77
<b>Anexo C.</b> Morfología y Madurez de Frutas.	79
<b>Anexo D.</b> Formato para el análisis sensorial a nivel de consumidor.	83
<b>Anexo E.</b> Tabla de significancia para prueba de dos muestras	84
<b>Anexo F.</b> Formato de calificación para jueces semientrenados	85
<b>Anexo G.</b> Factores de conversión para dos a diez observaciones	86
<b>Anexo H.</b> Distribución de Student	87

## RESUMEN

En el presente trabajo se caracterizó el fruto del Pomarroso (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry) cuyo árbol se encuentra distribuido en la ciudad de Neiva, siendo utilizado principalmente como sombrero y mínimamente como producto comestible; al fruto se le determinaron características físico-químicas y fisiológicas, para de esta manera buscar alternativas de uso y consumo para reducir la contaminación que éste origina. Para determinar el número de árboles plantados se recorrió la ciudad, contabilizando un total de 9.852 y se obtuvo el promedio de la producción semestral de los árboles en 204.429 ton.

La adquisición de la materia prima (fruto de pomarroso) se realizó en diferentes zonas de Neiva y se determinaron las siguientes características físicas: peso, forma, área superficial, redondez, esfericidad, volumen real, volumen aparente, peso específico real, peso específico aparente, resistencia a la penetración y porción comestible. Igualmente se determinaron las condiciones de conservación del fruto maduro sin empaque, bajo dos (2) rangos de temperaturas de refrigeración (4 a 6°C y 6 a 8°C con humedad relativa en un rango de 70% a 100%), estableciéndose un tiempo de vida útil de seis (6) días y en condiciones ambientales de 25°C de temperatura ambiental y 63% de humedad relativa, promedio, aproximadamente cuatro (4) días de vida útil.

Se establecieron seis estados en la evolución de la maduración del pomarroso, de acuerdo a la variación del color y del peso, correlacionándolos con la información físico-química obtenida en el laboratorio para luego realizar la carta colorimétrica. Del análisis de las curvas de la tasa de respiración se determinó que el fruto es "no climatérico", y se considera que el mejor estado de madurez para procesar el fruto es el "quinto", donde las características sensoriales y físico-químicas son las más adecuadas.

A partir del fruto de pomarroso se formularon tres mermeladas, dos de ellas con frutos del quinto estado de madurez con cáscara y sin cáscara, y la tercera con frutos en el sexto estado de madurez con cáscara, todas con una proporción de 50% de contenido de fruta; estas mermeladas fueron sometidas a calificación ante jueces consumidores y ante un grupo de jueces semientrenados para el respectivo análisis sensorial, obteniéndose la mejor calificación para la mermelada formulada con frutos del quinto estado de madurez con cáscara, la que presentó apariencia y sabor agradable, textura suave y adecuada, y una sensación de menor dulzura comparada con las otras dos (2) muestras.

**Palabras Claves:** pomarroso, contaminación, climatérico, madurez, refrigeración, análisis sensorial.

## ABSTRACT

The present work deals with the characterization of the fruit of Pomarroso (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry), whose tree is found all around the city of Neiva, and it is mainly used as shade and, minimally as a food product. Physico-chemical and physiological characteristics were determined to the fruit, in order to find alternatives for use and consumption and, to reduce the pollution that it causes. To determine the number of planted trees you the city traveled, counting a total of 9.852 and the average of the biannual production of the trees was obtained in 204.429 ton.

The acquisition of raw material (pomarroso fruit) was conducted in different parts of Neiva, and then identified the following physical characteristics: weight, shape, surface area, roundness, sphericity, real volume, apparent size, real weight, apparent specific gravity, penetration resistance and edible portion. The conditions of the ripe fruit without packaging, under two (2) cooling temperature ranges (4 to 6 ° C and 6 to 8 ° C) with relative humidity ranging from 70% to 100%), settling down a time of useful life of six (6) days and under environmental conditions of 25 ° C of temperature and 63% of average relative humidity, approximately four (4) days of useful life.

Six states in the evolution of the maturation of pomarroso were established, according to the variation of color and weight, correlating with the physical-chemical information obtained in the laboratory to the further construction of the color chart. From the analysis of the curves of the rate of respiration was determined that the fruit is "non-climacteric," concluding that the best stage of ripeness for processing the fruit is the "fifth", where the sensory and physical-chemical properties are more appropriate.

From the fruit of pomarroso three jams were made, including two with fruits on the fifth stage of maturity, with and without skin, and the third was made with fruit in the sixth stage of maturity with skin, all of them with a ratio of 50% content fruit, these jams were brought before consumer judges and a group of semi-trained judges to score for the sensory analysis, obtaining the best rating for the jam made with fruits of the fifth stage of maturity with skin, which presented a pleasant taste and appearance , smooth and adequate texture, and a lesser sense of sweetness compared to the other two (2) samples.

**Keywords:** pomarroso, pollution, climacteric, ripening, chilling, sensory analysis.

## INTRODUCCIÓN

Los frutos, después de la cosecha, continúan realizando procesos metabólicos, los que son de gran importancia porque intervienen en los cambios que se producen durante el almacenamiento, transporte y comercialización, afectando el valor nutritivo y el tiempo de vida útil, esto se evidencia por una serie de daños y defectos que el consumidor rechaza a la hora de adquirir el producto y que representan cuantiosas pérdidas al final del proceso de mercadeo.

El proceso de maduración se manifiesta con cambios en: la respiración, los sólidos solubles, la textura, el aroma, el tamaño y la coloración; estos cambios se pueden reducir mediante la implementación de buenas prácticas de manejo postcosecha, la aplicación de tratamientos químicos, el uso de empaques plásticos, atmósferas modificadas y almacenamiento refrigerado, además del control de las alteraciones producidas por microorganismos causantes de pudriciones.

En la ciudad de Neiva se encuentra un gran número de árboles sembrados para sombrío, entre ellos el árbol de pomarroso (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry) cuyos frutos, en épocas de producción no se recogen, permitiendo que caigan a las calles causando contaminación y malestar a la comunidad debido a que no se tiene información sobre la posible utilización del producto; por lo anterior, en el presente trabajo se presenta una alternativa de uso para mitigar el impacto negativo que éste produce.

Para tal fin, el fruto del pomarroso se caracterizó fisicoquímica y fisiológicamente determinando sólidos solubles, acidez, pH y evaluando la tasa de respiración mediante el método de trampas de hidróxido de potasio (KOH), definiéndose como un fruto no climatérico, durante la etapa de maduración, a condiciones ambientales, de igual manera se evaluó la vida útil almacenándolo sin empaque a condiciones de refrigeración bajo dos (2) rangos de temperatura y estableciendo el estado de madurez adecuado para la transformación en un producto procesado como opción de consumo, en este caso se decidió elaborar mermelada, ofreciendo tres presentaciones para ser analizadas sensorialmente por jueces consumidores y un grupo de jueces semientrenados; determinando, mediante análisis estadísticos que la muestra formulada con cáscara en el quinto estado de madurez con una proporción de 50% de fruta, obtuvo la mejor calificación al presentar apariencia y sabor agradable, textura suave y adecuada, y sensación de menor dulzura comparada con las otras dos (2) muestras.

El estudio se realizó por integrantes del semillero de investigación SIDETA adscrito al grupo de investigación AGROINDUSTRIA de la Universidad Surcolombiana contando con el apoyo de la Vicerrectoría de Investigaciones y Proyección Social.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar físico-química y fisiológicamente el fruto del Pomarroso (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry) producido por árboles de sombrío en la ciudad de Neiva.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el número aproximado de árboles de Pomarroso sembrados en la ciudad de Neiva.
- Determinar la evolución de los parámetros físico-químicos del fruto; pH, acidez, sólidos solubles, durante la etapa de maduración y crecimiento del fruto.
- Determinar la evolución de la tasa respiratoria del fruto; la cual se evaluó utilizando el método de trampas de hidróxido de potasio (KOH).
- Determinar condiciones de conservación del fruto maduro en dos temperaturas de refrigeración, sin empaque y bajo condiciones ambientales.
- Desarrollar un producto procesado a partir del fruto de pomarroso

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 POMARROSO “*Syzygium malaccense* (L.) Merr & Perry”

**2.1.1 Generalidades.** La especie *Syzygium malaccense* (L.) Merr & Perry, sinónimos; *Eugenia malaccensis* Linne; algunos nombres comunes son: pomarroso o pomo, manzana de agua (Chocó), pomarrosa de Malaca, poma de Malasia, manzano Chino, la manzana Malaya, la manzana montañesa, la manzana de la rosa Pomarrosa del Brasil. Pertenece a la familia de las mirtáceas. Pérez<sup>1</sup>, es un árbol originario de India y Malasia, se cultiva y crece subespontáneamente en Hawái, en Brasil y en casi todo el trópico cálido, completamente naturalizado en Colombia ya que está presente en varios departamentos y en el Valle del Cauca, principalmente, probablemente fue traído del Brasil.

El Pomarroso Mahecha<sup>2</sup>, es un árbol cultivado especialmente en los climas medios como ornamental, por lo que se encuentra abundante en Colombia así: Boyacá altura 1580 m.s.n.m., Cundinamarca altura 1600 m.s.n.m., Huila de 442 a 2230 m.s.n.m., Valle del Cauca altura 1050 m.s.n.m. Pérez lo describe así:

Árbol de 8-10 m. de alto, crece rápido, de gran adorno por su follaje denso, hojas verdes lustrosas, son simples, opuestas, enteras, de forma oblonga-elípticas, lisas, un poco más claras en el envés, sin estípulas, nervadura pinatinervía, estas contienen glándulas oleíferas lisígenas como punticos traslúcidos ricos en aceites esenciales (el eugenol); las flores de un rojo escarlata y tan abundantes que como hace notar un autor americano citado por Popence Wilson, “cuando viene la floración, el árbol por debajo difunde luz rojiza”, son regulares hermafroditas, actinomorfas, cáliz gamosépalo de 4 sépalos libres y persistentes, corola dialipétala con 4 pétalos libres que se insertan en pequeño disco que corona el ovario, sobresalen los estambres numerosos, libres en forma de borlas, de ovario ínfero de 2-5 carpelos, esta soldado al cáliz verde y tiene un solo estilo con un estigma sencillo, tipo de placentación axial sus frutos rojos encierran una cavidad amplia, piel cerosa, coloración interna blanca, consistencia blanda, de unos 5-10 cm. de largo, pertenece al tipo drupa al poseer una semilla parda, 1.6-2cm de anchura. El pericarpio es carnoso, dulce, comestible por su agradable sabor y perfumado con olor a rosas<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> PÉREZ, Enrique. Plantas Útiles de Colombia. Fonde Fen Colombia. 5 Edición. Bogotá, 1996. Pág. 505

<sup>2</sup> MAHECHA, Gilberto Emilio. Árboles del valle del Cauca. Litografía Arco. Progreso Corporación Financiera S.A. Bogotá, Colombia, 1983, p. 118.

<sup>3</sup> PEREZ, Op.cit, p. 303-505

## 2.1.2 Taxonomía

Nombre científico <sup>4</sup> :	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & Perry
Reino	Vegetal
Subreino	Embriyophyta
Clase	(Magnoliophyta) Angiosperma
Subclase	(Magnoliopsida) Dicotiledónea
Orden	Myrtales
Familia	Myrtáceae
Género	Syzygium
Especie	malaccense L.

Morton<sup>5</sup> argumenta que el pomarroso presenta los siguientes factores que intervienen en la producción de éste:

**Suelo:** El árbol crece vigorosamente en una amplia gama de tipos de suelos de arena a arcilla pesada. Tolera moderadamente suelos ácidos, reacciona desfavorablemente a medios muy alcalinos.

**Plagas y Enfermedades:** En la India los árboles jóvenes frecuentemente son atacados por termitas. Se ha reportado que alimentadores de savia, defoliadores, mineros y taladradores se han encontrado en el follaje y en los tallos ocasionando la muerte.

**Cosecha:** En Java, el árbol florece en mayo y junio y los frutos maduran en agosto y septiembre. En la India, la cosecha principal se produce de mayo a julio y hay a menudo una segunda cosecha en noviembre y diciembre. Los frutos maduran en 60 días a partir de la plena apertura de las flores y caen rápidamente después de que se convierten totalmente maduros y se deterioran rápidamente. Para comercializar, deben ser recogidos a mano para evitar daños y alargar la vida en el almacenamiento.

**Producción:** El rendimiento varía desde 48 a 188 lbs. (21-85 Kg.) por árbol.

### Tiene importante usos

**Usos comestibles:** El fruto maduro se come crudo aunque muchas personas lo consideran insípido. Es mejor cocido con clavos de olor u otros saborizantes

---

<sup>4</sup> R. L. Wilbur & Colaboradores. Organization for Tropical Studies.htm. lista preliminar de las plantas vasculares. Edición XV. Octubre 1990. Fecha:04-13-07 Hora: 19.49 PM

<sup>5</sup> MORTON, J. 1987. Malay Apple. htm.. In: Fruits of warm climates. Julia F. Morton, Miami, FL (on line) [http://www.Hort.purdue.edu/newcrop/morton/malay\\_apple.html](http://www.Hort.purdue.edu/newcrop/morton/malay_apple.html). p. 378–381. Fecha:05-09-08 Hora: 02.35 PM

y se sirve con crema como postre. Las personas Asiáticas en Guyana preparan estofado de frutas peladas, cocinan por separado la piel para hacer un aderezo que se agrega a la fruta cocinada. Se cocinan a menudo las manzanas Malayas con frutas ácidas para beneficio de ambos. A veces se preparan salsas, dulces, compotas o enlatados. Las frutas ligeramente inmaduras se utilizan para hacer jalea y encurtidos.

En Puerto Rico, los vinos rojos y blancos de mesa son hechos de la manzana Malaya. En Indonesia, las flores se comen en ensaladas. Se consumen las hojas frescas y brotes, antes de pasar a verde, se consume crudo o con arroz cocido y se come como verdura.

### 2.1.3 Composición química<sup>6\*</sup>

<b>Características en 100 gr. de fruta fresca*</b>	<b>Valor</b>
<b>Humedad</b>	90.3-91.6 g
<b>Proteína</b>	0.5-0.7 g
<b>Grasa</b>	0.1-0.2 g
<b>Fibra</b>	0.6-0.8 g
<b>Ceniza</b>	0.26-0.39 g
<b>Calcio</b>	5.6-5.9 mg
<b>Fósforo</b>	11.6-17.9 mg
<b>Hierro</b>	0.2-0.82 mg
<b>Caroteno</b>	0.003-0.008 mg
<b>(Vitamina A)</b>	3-10 U.I.
<b>(Vitamina C)</b>	0.1 mg.
<b>Tiamina</b>	15-39 mcg
<b>Riboflavina</b>	20-39 mcg
<b>Niacina</b>	0.21-0.40 mg
<b>Acido ascórbico</b>	6.5-17.0 mg

\* Según análisis hechos en Hawái, El Salvador y Ghana.

<sup>6</sup>Ibid., p.380. Según análisis hechos en Hawái, El Salvador y Ghana. Malay Apple.htm

## Otros Usos

**Ornamental:** También es utilizado como adorno en parques, jardines.

**Industrial:** La obtención de madera, es rojiza, blanda, resistente y pesada, pero se inclina a la urdimbre. Es difícil trabajarla, pero es empleada para la construcción, los lazos para ferrocarriles, para formar vasijas y tablas en Hawai. También es utilizada para pasta de papel, perfumes y jabones.

**Usos medicinales:** Según la traducción de Akana “Hierbas Hawaianas de Valor” la corteza se ha utilizado como astringente en los remedios caseros. El mucílago de la corteza se usa para curar enfermedades del estómago. Una preparación de la raíz es un remedio para la picazón, la raíz actúa como un diurético y se usa para aliviar la hinchazón, la corteza de la raíz es útil contra la disentería, también sirve como un antiséptico y desinfectante. El jugo de hojas trituradas es aplicado como una loción superficial y se agrega a los baños. En Brasil, se usan varias partes de la planta como remedios para el estreñimiento, diabetes, tos, fiebre pulmonar, paludismo, dolor de cabeza y otras dolencias. Las frutas cosechadas, semillas, corteza de árbol y hojas han demostrado actividad antibiótica y han tenido algún efecto en la presión arterial y respiración<sup>7</sup>.

### 2.1.4 Pérdidas de postcosecha

Gran número de árboles de *Syzygium malaccense* (L) Merr & Perry son sembrados en los jardines de las casas para sombra, a menudo plantados a lo largo de las calles. Durante la cosecha se presenta altas pérdidas, debido a que el fruto posee una piel fina y delicada, necesitan ser recogidos a mano y manipularse con cuidado; debido al desconocimiento del valor comercial que posee el fruto, no se aprovecha causando contaminación al dejarlo caer al suelo.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

Los análisis fisicoquímicos son importantes para establecer la calidad del producto y el manejo adecuado de postcosecha, de acuerdo como lo explica Barrera y Pérez<sup>8</sup>:

---

<sup>7</sup> Ibid. p. 381

<sup>8</sup> BARRERA A Marcia y PEREZ P, Humberto. Evaluación de la calidad rendimiento y almacenamiento de pulpas de curuba y lulo producido en el Huila con fines Agroindustriales. Neiva. Facultad de Ingeniería. Universidad Surcolombiana, 1996.

**2.2.1 Calidad.** Es el conjunto de propiedades biológicas, físicas y químicas que determinan el grado de adecuación de un alimento o materia prima alimenticia a los requerimientos sanitarios, nutricionales, sensoriales, físicos y mecánicos que deben ser satisfechos para el consumo humano directo; su preparación culinaria o su beneficio y transformación industrial.

**2.2.2 Acidez.** El ácido cítrico es el más frecuente y abundante en tejidos de plantas comestibles. En la mayoría de las frutas el contenido de ácidos orgánicos disminuye durante y después del proceso de maduración. El grado de acidez de la fruta se mide por titulación química y se expresa en porcentaje de ácido cítrico.

**2.2.3 Respiración.** Se resume como la absorción de oxígeno y liberación de anhídrido carbónico que tiene lugar en el desarrollo del metabolismo del tejido viviente. El consumo de oxígeno y la liberación de calor son por lo tanto las manifestaciones externas y además mensurables de la respiración. De allí que se utilice para determinar el ritmo y velocidad del proceso respiratorio en las frutas cosechadas.

#### **2.2.3.1 Factores internos que influyen en la respiración<sup>9</sup>**

- La composición química del tejido
- El tamaño del fruto
- El estado general y manejo

#### **2.2.3.2 Factores externos**

- Temperatura
- Concentración de CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>
- Transpiración
- Nivel de humedad Relativa

**2.2.4 Grados Brix.** Es la medida de la concentración de los sólidos solubles en su mayoría azúcares, obtenidos de la degradación de los polisacáridos de las membranas celulares. Un grado Brix es la densidad que tiene a 20 grados centígrados una solución de sacarosa al 1 % y ésta densidad corresponde también a un índice de refracción.

**2.2.5 pH.** La concentración de H<sup>+</sup> en las disoluciones, con frecuencia se expresa en términos de pH. El pH se define como el logaritmo negativo en base 10 de la concentración de iones hidrogeno.

$$\text{pH} = - \text{Log H}^+ \text{ Log } 1/\text{H}^+$$

---

<sup>9</sup> CÉRQUERA María Eugenia e IZQUIERDO Jaime. Evaluación de calidad, rendimiento y almacenamiento de las pulpas de Mora de Castilla (*Rubus glaucus*, Benth) y Tomate de árbol (*Cypomandra betacea*, Send) producidas en el Huila con fines agroindustriales. .Neiva. Universidad Surcolombiana, Programa de Ingeniería Agrícola. 1996.p, 30-32.

Un cambio en  $H^+$  por un factor de 10 resulta en un cambio de unidad en el pH. El pH es solamente una medida de las concentraciones en el equilibrio de los iones hidrogeno disociados que se encuentran presentes como  $H^+$ .

## 2.3 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS

**2.3.1 Respiración<sup>10</sup>:** el término respiración presenta la siguiente definición: "Es el proceso metabólico mediante el cual el tejido vivo asegura el suministro de energía, necesaria para el mantenimiento de la actividad celular, comprende todo el conjunto de reacciones que determinan la maduración".

En el proceso de la respiración se genera energía, la cual es distribuida por la célula así:

- a. Parte (Adenosina Trifosfato-ATP) es acumulada en moléculas ricas en energía, que posteriormente es utilizada de acuerdo a las necesidades biológicas del tejido y sus células.
- b. La energía sobrante es eliminada en forma de calor (calor de respiración).

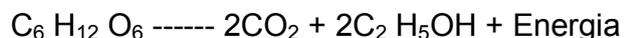
### Clases de respiración:

Se distinguen dos clases de respiración.

**a. Respiración aeróbica:** Es la que se realiza en presencia de oxígeno. En ella se genera  $CO_2$ , agua y energía como resultado de la oxidación del sustrato. La reacción química que la representa es la siguiente:



**b. Respiración anaeróbica o fermentación:** Se realiza en presencia de poco oxígeno o en ausencia de éste. Se genera energía, con formación de alcohol y otras sustancias, cuya acumulación es tóxica para las células, llegando a causarles la muerte. La reacción química es la siguiente:



**2.3.2 Cambios sufridos durante el desarrollo del fruto:** Las frutas y hortalizas presentan después de la germinación, tres etapas fundamentales durante su vida: el crecimiento, la maduración y la senescencia; a pesar de estar definidas estas etapas, no es posible establecer una clara distinción entre ellas.

El crecimiento implica la división celular y el posterior desarrollo de las células, lo

---

<sup>10</sup> PARRA A, EUGENIO H. Fisiología postcosecha de frutas y hortalizas, Universidad Nacional de Colombia, 1997, p,31-32

cual va a definir el tamaño final alcanzado por el producto.

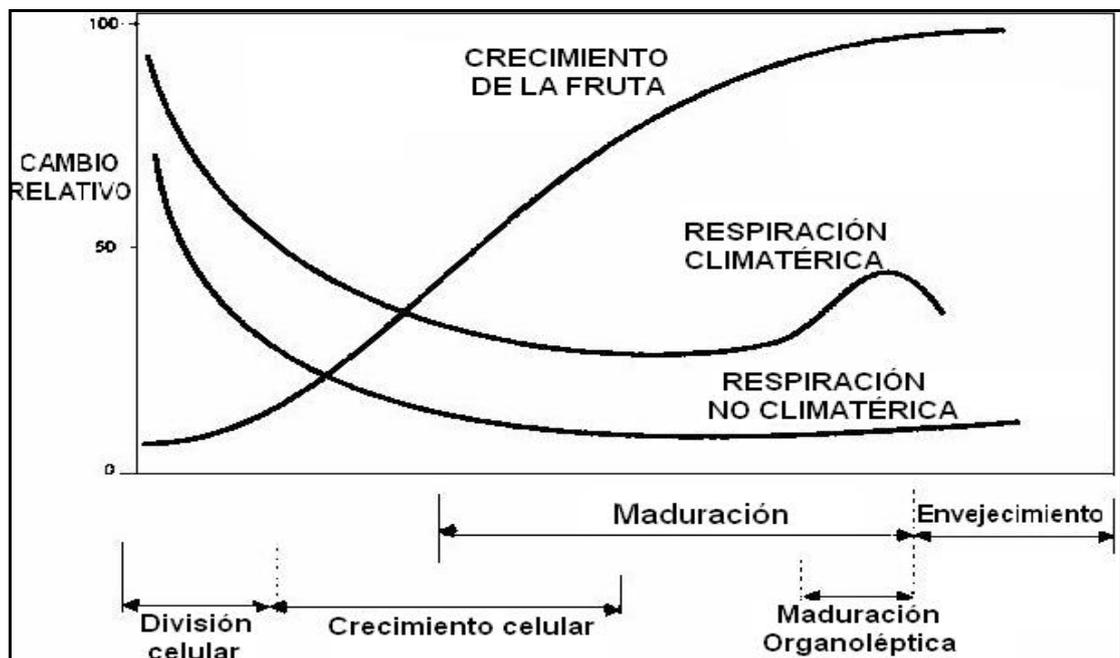
La maduración fisiológica se inicia antes de que termine el crecimiento e incluye una serie de reacciones bioquímicas en los diferentes productos.

La senescencia es la fase en que los procesos bioquímicos anabólicos (sintéticos) dan paso a los catabólicos (degradativos), conduciendo al envejecimiento y muerte a los tejidos. (Ver figura 1)

La maduración fisiológica y el crecimiento del fruto solo se completan cuando este permanece unido a la planta, pero la maduración organoléptica y la senescencia pueden proseguir una vez separado de ella.

La fruta se recoge solo cuando han alcanzado su madurez fisiológica o cuando han alcanzado incluso la madurez organoléptica. Las hortalizas se recolectan en diversos estados fisiológicos, incluso antes de haber alcanzado la madurez fisiológica.

**Figura 1.** Cambios por la respiración y el crecimiento durante el desarrollo de la fruta<sup>11</sup>.



Fuente: Fisiología postcosecha de frutas y hortalizas, PARRA A, Eugenio H. 1997, p 32.

<sup>11</sup> Ibid., p.33.

## Intensidad Respiratoria (Tasa respiratoria)

La velocidad a que transcurre la respiración de un producto, constituye un índice de la actividad metabólica de sus tejidos y una guía útil de su vida comercial. Una tasa elevada de respiración va asociada con una corta vida en almacenamiento; además indica la tasa a la cual el fruto se está deteriorando en calidad y valor alimenticio.

La intensidad respiratoria (IR) es la cantidad de CO<sub>2</sub> producida (mg ó ml) en el proceso respiratorio por unidad de peso de producto fresco y por unidad de tiempo, es decir:

$$IR = \text{mgCO}_2/\text{Kg}^1\text{-hr}^1 \text{ ó } IR = \text{mlCO}_2/\text{b}$$

Durante el desarrollo y maduración del fruto, la intensidad respiratoria (velocidad con que se produce los intercambios gaseosos) varía, esto es, no sigue un ritmo regular.

a. **Tasa Inicial de Respiración** Se define en el día inmediatamente posterior a la cosecha. No es representativo de la IR, ya que el producto se está acondicionando a su nuevo ambiente y empieza a consumir los sustratos de reserva. Depende del producto y la temperatura.

b. **Tasa Promedio de respiración** prevalece durante los días posteriores en almacenamiento. Se determina haciendo el promedio aritmético de las IR diarias durante un periodo determinado de tiempo y a una temperatura que se mantiene constante.

c. **Tendencia Respiratoria** Es el cambio que ocurre con el tiempo, en la intensidad respiratoria de un producto (ver figura 1).

Dependiendo de la tendencia respiratoria, los productos agrícolas se clasifican en productos climatéricos y en productos no climatéricos.

- **Frutos Climatéricos** en estos productos la intensidad respiratoria disminuye hasta llegar a un mínimo, para subir rápidamente hasta un máximo y después volver a disminuir paulatinamente hasta anularse con la muerte del fruto.

**-Preclimaterio:** Etapa comprendida hasta la formación completa del fruto. Al final de esta fase se ha llegado al máximo desarrollo de su tamaño. El final del preclimaterio coincide generalmente con la madurez botánica

**-Climatérico:** Comprende desde la aparición de los primeros síntomas de madurez organoléptica hasta el desarrollo completo de la misma.

**-Postclimaterío:** Anuncia el comienzo de la senescencia o sobremadurez y va hasta la muerte del producto por la completa alteración de los tejidos.

- **Frutos no climatéricos** En ellos, la I.R. disminuye durante el periodo de vida del producto hasta llegar a anularse con la muerte del producto.

A continuación se enumeran algunos productos climatéricos y no climatéricos <sup>12</sup>

Climatéricos	No Climatéricos	Climatéricos	No Climatéricos
Granadilla*	Uchuva •	Chirimoya	Espárragos
Maracuyá	Cebolla junca •	Breva	Lechuga
Papayuela	Mora •	Mango	Tomate de árbol *
Manzanas	Fresa	Melón	Limón
Durazno	Cereza	Papaya	Piña
Aguacate	Uva	Sandía	Mandarina
Banano	Cohombro	Pera	Naranja

• Productos estudiados en el Departamento de Ingeniería Agrícola- Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá DC.

## 2.4 EFECTOS DE REFRIGERACIÓN EN LA CONSERVACIÓN DE FRUTOS

La conservación de frutos implica la aplicación de tratamientos a los frutos cosechados, sanos y en estado de madurez adecuado para prolongar su vida útil. El uso de bajas temperaturas es el tratamiento de más amplio uso para las especies vegetales. Sin embargo, tratamientos tales como choques térmicos, calentamientos intermitentes o atmósferas modificadas pueden ser utilizadas para coadyuvar a la mayor conservación de estos frutos que son perecederos y la mayoría sensibles al frío, sufriendo alteraciones en la composición de carbohidratos, proteínas y ácidos orgánicos. Asimismo produciendo daños físicos, químicos u ocasionados por contaminación microbiana<sup>13</sup>.

Según Arango: “El medio ambiente juega un papel muy importante, pues puede acelerar o retardar su deterioro, y esto puede ser deseable o no, dependiendo de los usos o hábitos de consumo”<sup>14</sup>.

**2.4.1 Técnicas de conservación en alimentos.** Para mantener la calidad del alimento es necesario elegir una técnica de conservación adecuada para lograr la

<sup>12</sup> Ibid., p. 34-37.

<sup>13</sup> CÉRQUERA Maria Eugenia y IZQUIERDO Jaime. Evaluación de calidad, rendimiento y almacenamiento de las pulpas de Mora de Castilla y Tomate de árbol producidas en el Huila con fines agroindustriales. Neiva. Facultad de Ingeniería. Universidad Surcolombiana, 1996.p, 34-35

<sup>14</sup> ARANGO, Luz Marina y SANABRIA, Néstor. Conservación de frutas y hortalizas., 1985. p. 5

vida útil del producto y por consiguiente facilitar su expendio y distribución. En la consecución de la conservación de los alimentos, mediante los distintos procedimientos, están implicados los siguientes fundamentos.

**2.4.1.1 Empleo de bajas temperaturas:** Para prolongar la vida útil de las pulpas es necesario almacenarlas bajo condiciones adecuadas que eviten el deterioro por efecto del crecimiento de microorganismos no deseables.

**2.4.1.2 Refrigeración:** Consiste en bajar la temperatura a niveles entre los 0°C y .8°C de los frutos almacenados. A estas temperaturas se retardan las reacciones químicas y bioquímicas en el producto, además inhibe el crecimiento de algunos microorganismos. Esta técnica es limitada ya que existen microorganismos sicrófilos que pueden vivir y desarrollar a esas temperaturas<sup>15</sup>.

## **2.5 TRANSFORMACIÓN DEL POMARROSO**

La transformación de las frutas se realiza a partir de la llegada de la fruta a la planta de procesamiento hasta el momento anterior a ser abiertas para la separación de las partes no comestibles, se llama operación de adecuación, estas operaciones son principalmente: recepción, pesado, lavado, desinfección, enjuague y almacenado; la fruta seguidamente se somete a las operaciones de separación que son: corte, pelado, molido, despulpado.

Las pulpas de fruta son la materia prima para la obtención de diversos productos, a saber: Néctares, jaleas, mermeladas, bocadillos, salsas, etc; cuya principal diferencia en cada una de ellos es el valor de los sólidos solubles y la consistencia del producto<sup>16</sup>.

---

<sup>15</sup> Ibid., p, 36

<sup>16</sup> ALVAREZ L., Iván Eduardo. Evaluación de las características de la mora de castilla y tomate de árbol con fines de comercialización en estado fresco y procesado. Universidad Surcolombiana, programa de Ingeniería Agrícola. 2000, p. 37.

## 2.6 ELABORACIÓN DE MERMELADAS.

La mermelada es un producto<sup>17</sup> pastoso obtenido por la cocción y la concentración de una o más frutas, adecuadamente preparado con edulcorantes, sustancias gelificantes y acidificantes naturales, hasta obtener una consistencia característica para poder conservarlas ilimitadamente en recipientes esterilizados.

Desde el punto de vista tecnológico se recomienda que este producto tenga mínimo 65% de sólidos solubles para asegurar su conservación. Las condiciones generales que debe cumplir la mermelada para lograr las características normales de calidad son pH de 3 a 3.5 y contenido de sólidos solubles de 65 a 68°Brix.

Los ingredientes utilizados en su preparación son: fruta, cuyas características de sanidad, madurez y composición determinarán la calidad final de la mermelada; azúcares, comúnmente sacarosa, glucosa, jarabe invertido y mieles; pectina, en los casos en que la fruta no posea la suficiente cantidad para provocar la gelificación, y un ácido para alcanzar el límite óptimo de gelificación, es decir, el valor de pH requerido. Los ácidos más usados son el cítrico y el tartárico.

El primer paso en la preparación de la mermelada es la determinación de sus características fisicoquímicas: pH, sólidos solubles del producto terminado (expresado como °Brix) y contenido aproximado de pectina. Posteriormente se determina la formulación adecuada constituida por varios factores que contribuyen a lograr las cualidades características del producto terminado. Estas son grados Brix, porcentaje de pulpa, acidez total y pH. Luego se inicia la etapa de concentración que es la fase más importante y delicada del proceso de fabricación de mermelada. Durante ésta, los ingredientes agregados en la secuencia adecuada son transformados en el producto final. La concentración se realiza durante un período de 3 a 5 minutos, con un 10% de azúcar respecto al total a agregar. Posteriormente se adiciona el azúcar restante para pasar a la concentración evaporación rápida. Finalmente se adiciona la pectina y el ácido, que debe ser introducido al final de la cocción ya que con esto se crean las condiciones necesarias para la gelificación y se inicia este proceso.

---

<sup>17</sup> NARVÁEZ, Paulo César y SARMIENTO, Deisy Viviana. Obtención de pulpas y elaboración de subproductos a partir de bóbolo. Planta Piloto de Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. Instituto Colombiano de Tecnología de Alimentos. ICTA. Bogota, Colombia. XXII IACChE (CIIQ) 2006 / V CAIQ.(online) 14b\_336.pdf. P,3-4

**2.6.1 Análisis sensorial.** Es una disciplina científica mediante la cual se evalúan las propiedades organolépticas a través del uso de uno o más de los sentidos humanos.<sup>18</sup> Mediante esta evaluación se conoce el nivel de aceptación de un producto por parte del consumidor es indispensable para establecer correctivos tanto en producción como en el mercadeo mismo. Los elementos necesarios para un análisis sensorial son: Los jueces, el área de pruebas y preparación, temperatura de las muestras, horario para las pruebas, cantidad de muestra y vehículos.

#### **2.6.1.1 Tipos de pruebas<sup>19</sup>.**

- **Pruebas Afectivas.** Son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva del producto, es decir (le gusta o disgusta, lo acepta o lo rechaza); estas pruebas presentan mayor variabilidad en los resultados y son más difíciles de interpretar debido a que se trata de apreciaciones completamente personales. Por lo general se realizan con pánels inexpertos o con solamente consumidores.
- **Pruebas Discriminativas.** Son aquellas en las cuales se desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras y la magnitud o importancia de esa diferencia, son muy usadas en control de calidad para evaluar muestras de un lote, si están produciéndose con calidad uniforme o también para determinar el efecto en la modificación en un proceso. Las pruebas discriminativas más usadas son las pruebas de comparación apareada simple, triangular, dúo-trío, comparaciones múltiples y de ordenamiento.
- **Pruebas Descriptivas.** Son pruebas para definir las propiedades del alimento y medirlas de la manera más objetiva posible; cual es la magnitud o intensidad de los atributos del alimento.

---

<sup>18</sup> Espinosa Manfugás, Julia. Evaluación Sensorial de los Alimentos Química de los Alimentos. 2007, p 14.

<sup>19</sup> ALVAREZ L., Iván Eduardo. Evaluación de las características de la mora de castilla y tomate de árbol con fines de comercialización en estado fresco y procesado, 2000. p. 37

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN

Los análisis se realizaron en los laboratorios de agroindustria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Surcolombiana, en la ciudad de Neiva. Se trabajó a condiciones ambientales con una temperatura promedio de 25 °C y humedad relativa del 63%. Igualmente se hicieron análisis del fruto en refrigeración, colocando muestras en dos condiciones de temperatura 4-6 °C y 6-8°C con una humedad relativa entre 70 y 100%. A los frutos se les hizo seguimiento de su maduración y se evaluó la tasa de respiración, también se midió la evolución de las características fisicoquímicas durante la maduración y simultáneamente se hizo la caracterización física del producto.

#### 3.2 CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN DE ÁRBOLES EN LA CIUDAD DE NEIVA

Para establecer el volumen potencial de fruta producida en forma “silvestre” se recorrió la ciudad de Neiva para cuantificar la población de árboles de pomarroso (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry) en ésta, localizada en el margen derecho (Sur a Norte) del río Magdalena. Situada a una altitud de 442 msnm y con una temperatura promedio de 28°C. Con los datos obtenidos se determinó el número aproximado de árboles de pomarroso sembrados en la ciudad. (Ver Figura 2)

**Figura 2.** Panorámica de la zona urbana de Neiva.



### 3.3 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL FRUTO

Las pruebas fisicoquímicas realizadas a los frutos durante el almacenamiento en refrigeración fueron similares a las realizadas durante la evolución de la madurez en la etapa de determinación del punto adecuado de transformación bajo condiciones ambientales (25 °C y humedad relativa de 63 %), evaluando los seis estados con dos (2) Kg. de producto cada uno.

#### 3.3.1 Determinación de las características físicas <sup>20</sup>

**3.3.1.1 Volumen real.** Se determinó mediante el desplazamiento de agua en un vaso de precipitado de 1000ml, se realizaron 3 repeticiones por cada muestra, (Ver figura 3).

**Figura 3.** Medición del Volumen



**3.3.1.2 Volumen aparente.** Se determinó colocando los pomarrosos de un peso conocido en una probeta y midiendo el volumen que ocuparon (Ver anexo C).

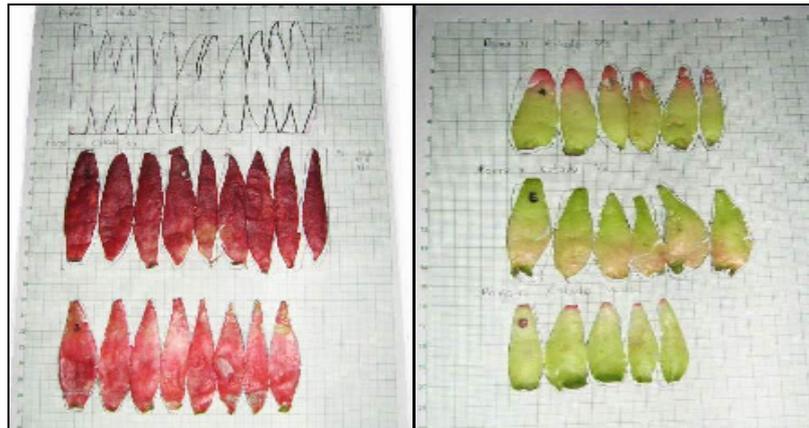
**3.3.1.3 Peso específico.** Se obtuvo al medir el volumen de agua desplazado por 300 gr de fruto en un vaso de precipitado, y aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{peso específico} = \frac{\text{peso}}{\text{volumen}}$$

<sup>20</sup> VILLAMIZAR, Fanny. Manejo Tecnológico postcosecha de frutas y hortalizas. Manual de prácticas. Editorial Unidad de Publicaciones. Universidad Nacional de Colombia. 2001. p 25-33.

**3.3.1.4 Área superficial real:** Se separó la cáscara del pomarroso, luego se colocó sobre una hoja milimetrada, para dibujar el perímetro de ésta y realizar la medición con un planímetro digital marca topcon-placom modelo KP-90N serie 50493, precisión de  $\pm 0.2\%$ . (Ver figura 4)

**Figura 4.** Determinación del área superficial en frutos de pomarroso.



**3.3.1.5 Redondez:** se obtuvo proyectando sobre papel milimetrado las secciones longitudinal y transversal del fruto, luego se calculó el área del producto con respecto al círculo circunscrito. (Ver figura 5)

$$R = \frac{\text{Área Pr oducto}}{\text{Área círculo circunscrito} \left( \frac{\pi a^2}{4} \right)}$$

**Figura 5.** Determinación de redondez en frutos de Pomarroso.



**3.3.1.6 Resistencia a la penetración:** se determinó midiendo la firmeza del fruto, aplicando una fuerza en la sección central de éste, mediante la utilización del dinamómetro marca BERTUZZI 2lb\*.020lbf, (Ver figura 6).

**Figura 6.** Determinación de la resistencia a la penetración.



**3.3.1.7 Parte comestible.** Para determinar el porcentaje de la parte comestible de cada fruto se le retiró la cáscara y la semilla quedando el mesocarpio, para luego ser pesado. (Ver figura 7)

**Figura 7.** Determinación de la parte comestible.



### 3.3.2 Determinación de las características químicas

Estas características son primordiales para conocer el comportamiento del producto durante el almacenamiento.

#### 3.3.2.1 Variación de los sólidos solubles (grados Brix)

Es una de las variables más importantes para la determinación del punto adecuado de proceso, ya que en el producto a medida que evoluciona su madurez, los carbohidratos son desdoblados a azúcares que son los que le dan la dulzura al fruto los cuales son determinados por medición directa colocando una pequeña muestra de la pulpa en el refractómetro manual metálico marca Bertuzzi con escalas de 0 a 42°Brix y 42 a 71°Brix; se efectuó la lecturas de los grados brix, realizando tres (3) repeticiones. Método del Refractómetro (AOAC-932.12). (Ver Anexo C y figura 8).

**Figura 8.** Refractómetro



#### 3.3.2.2 Variación de la acidez

Se realizó colocando 10 gr. de pulpa de pomarroso en un beaker a la cual se adicionó agua destilada hasta un volumen de 50 ml, se le introdujo el electrodo del potenciómetro, se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N, en presencia del indicador fenolftaleína, hasta obtener un pH de 8.2, se registró el volumen gastado en la bureta y por fórmula (Anexo A), se calculó el porcentaje de ácido expresado como ácido cítrico. Método de acidez titulable (AOAC -942.15). (Ver Anexo C y Figura 9).

**Figura 9.** Determinación acidez



### 3.3.2.3 Variación de pH

Se tomó una cantidad de aproximadamente 10 gr. de pulpa donde se introdujo el electrodo del potenciómetro, marca WTW INST y se registró la lectura directa del pH, realizando dos (2) repeticiones por muestra, método potenciómetro (AOAC - 981.12). (Ver Anexo C y Figura 10).

**Figura 10.** Potenciómetro



### 3.3.2.4 Tasa de Respiración<sup>21</sup>

Se utilizó el método de trampas de hidróxido (Anexo A). Se tomaron muestras de aproximadamente un kilogramo (1Kg.) de producto y se midió cada 24 horas el desprendimiento de CO<sub>2</sub> producido durante el proceso de respiración, esto se realizó para diferentes estados de madurez. La prueba se hizo hasta que los frutos llegaron a un estado en el cual se consideraron sensorial inaceptables, (Ver Anexo A y figura 11).

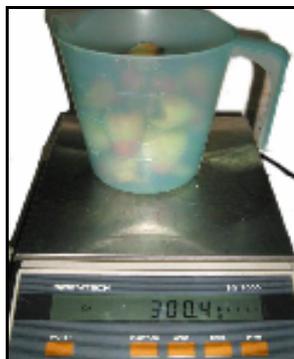
**Figura 11.** Montaje "trampas de hidróxido"



### 3.3.2.5 Variación de peso

El producto utilizado para la tasa de respiración fue pesado diariamente en una balanza electrónica marca SCIENTECH modelo SG 8000 (calibrada a 8000\*.1g,) durante toda la etapa de almacenamiento registrando la variación de peso. (Ver Figura 12)

**Figura 12.** Balanza electrónica



<sup>21</sup> VILLAMIZAR, Fanny. Manejo Tecnológico postcosecha de frutas y hortalizas. Manual de prácticas. Editorial Unidad de Publicaciones. Universidad Nacional de Colombia. 2001. p 41-46

### 3.4 ELABORACIÓN DE LA CARTA COLORIMÉTRICA

La carta colorimétrica se realizó tomando como referencia la tonalidad del fruto en cada uno de los estados que se determinaron durante el registro fotográfico, con los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos del producto se elaboraron las gráficas de °Brix, pH, porcentaje de ácido cítrico y tasa de respiración ( $\text{mg. de CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ ), que complementaron dicha tabla.

### 3.5 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CONSERVACIÓN DEL FRUTO EN REFRIGERACIÓN.

#### 3.5.1 Tratamiento de Conservación

Los pomarrosos fueron lavados y secados para eliminar el exceso de humedad y luego almacenados bajo dos condiciones de refrigeración: **a)** temperatura de 4°C a 6°C con una humedad relativa de 80% a 100% y **b)** con una temperatura de 6°C a 8°C, con una humedad relativa de aproximadamente el 70% a 90%. (Ver figura 13 y tabla 1)

**Tabla 1.** Condiciones de almacenamiento del fruto

TIPO DE ALMACENAMIENTO	EQUIPO	TEMPERATURA ° C	%HUMEDAD RELATIVA
REFRIGERADO	NEVERA	4-6	80-100
REFRIGERADO	NEVERA	6-8	70-90

**Figura 13.** Frutos en refrigeración



Para estimar el efecto del tratamiento sobre el tiempo de vida útil de los frutos, se evaluaron cada 24 horas durante el periodo de conservación, los siguientes parámetros: contenido de sólidos solubles, acidez, pH, firmeza, índice de madurez, tasa de respiración, pérdida de peso y apariencia.

### **3.6 OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO PROCESADO A PARTIR DEL POMARROSO**

Para la elaboración de un producto que se pueda comercializar y teniendo en cuenta las condiciones físico-químicas, la disponibilidad para adquirir la materia prima en la zona se decidió procesar el fruto del pomarroso para la obtención de mermelada, que es un producto de fácil elaboración, tiene mayor aceptación por el consumidor que otros productos alimenticios procesados y además en el laboratorio de Procesos Agroindustriales de la Universidad Surcolombiana, se cuenta con los equipos y elementos necesarios para su elaboración y control de las materias primas, por lo anterior se presenta como una alternativa de consumo para incentivar el potencial comercial que representa el pomarroso en la ciudad de Neiva.

#### **3.6.1 ELABORACIÓN DE MERMELADA.**

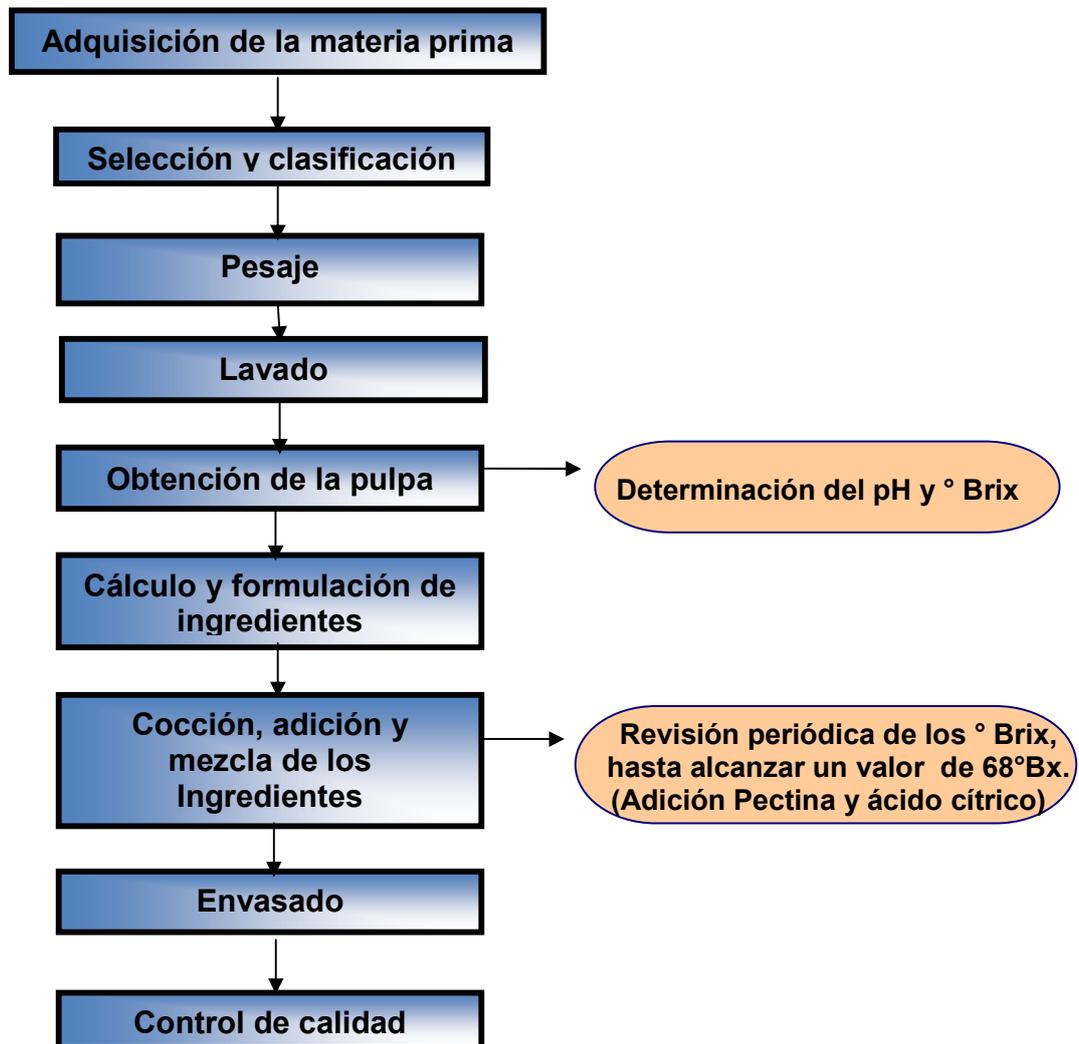
Las mermeladas son productos alimenticios que se elaboran con una mezcla de pulpa de frutas con adición de azúcar, ácido cítrico, gelificantes y preservantes (Ver figura 14).

“Elaborar una buena mermelada es un producto complejo, que requiere de un óptimo balance entre el nivel de azúcar, la cantidad de pectina o carboximetilcelulosa CMC y la acidez”<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> LESLIE Felices. Curso gratis: Elaboración de mermelada de uva (online). <http://mailxmail.com/curso/vida/elaboracióndemermeladadeuva.htm>. Fecha: 05-06-08. Hora: 06:02 p.m.

**Figura 14.** Diagrama de flujo del proceso de fabricación de mermeladas



➤ **Adquisición de la materia prima:** La fruta utilizada se obtuvo de la recolección en diversos árboles de la ciudad de Neiva.

➤ **Selección y clasificación:** Se realizó teniendo como criterio la salubridad de la fruta, a través de una inspección, eliminando materia extraña y fruta en mal estado, se clasificó en mesas manualmente, de acuerdo al estado de madurez para procesar. (Ver figura 15).

**Figura 15.** Mesas de selección y clasificación



- **Pesaje:** Esta actividad permitió determinar el peso neto de la fruta que se procesó, utilizando una báscula con capacidad de 200 Kg, marca COMEK, modelo 2712, precisión 0.5Kg. (Ver figura 16)

**Figura 16.** Pesaje de frutos de pomarroso



- **Lavado:** se retiró el material extraño adherido a la fruta y agentes contaminantes, mediante inmersión del producto en agua y adicionalmente al agua utilizada se le agregó 100 ppm de desinfectante hipoclorito de sodio.
- **Obtención de la pulpa:** Es la operación que permite la separación de la semilla y la parte comestible de la fruta. Se empleó una despulpadora de frutas con capacidad de 500 kg/hr, marca COMEK. (Ver figura 17)

**Figura 17.** Despulpadora y pulpas



- **Cálculo y formulación de ingredientes:** Requiere del conocimiento de las características de sus componentes y de sus proporciones en el empleo, los cuales son:
  1. Contenido de fruta respecto al producto final
  2. Los sólidos solubles del producto final
  3. El poder gelificante o gradación de la pectina
  4. pH de la fruta y pH óptimo de gelificación de la pectina
- **Cocción, adición y mezcla de los ingredientes:** Durante esta etapa los ingredientes agregados en una secuencia adecuada son transformados en el producto final. La concentración se realiza durante un período de 3 a 5 minutos, con un 10% de azúcar respecto al total a agregar. Posteriormente se adiciona el azúcar restante para pasar a la concentración evaporación rápida. Finalmente se adiciona la pectina y el ácido, que debe ser introducido al final de la cocción ya que con esto se crean las condiciones necesarias para la gelificación. (Ver figura 18).

**Figura 18.** Cocción, adición y mezcla de los ingredientes



➤ **Envasado:** Esta operación se efectúa a temperaturas alrededor de 88°C o más y cerrando inmediatamente, el envase se invierte para esterilizar la tapa y de esta forma no hay necesidad de someter el producto a posteriores tratamientos térmicos. (Ver figura 19).

**Figura 19.** Mermeladas envasadas de los tres tratamientos evaluados.



### 3.6.2 Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial ha demostrado ser un instrumento de suma eficacia para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento, ya que cuando dicho alimento se quiere comercializar debe cumplir los requisitos mínimos de higiene, inocuidad y calidad del producto, para que éste sea aceptado por el consumidor<sup>23</sup>.

**3.6.2.1 Nivel de aceptación del consumidor o juez no entrenado.** Se realizó una prueba hedónica orientada a establecer gusto o disgusto sobre los productos elaborados. Esta prueba se llevó a cabo en las instalaciones de la facultad de Ingeniería de la Universidad Surcolombiana, donde 60 consumidores no entrenados, entre ellos estudiantes, trabajadores y gente del común, elegidos al azar, probaron y compararon las muestras de mermeladas expuestas como se puede ver en la figura 20; para con esto poder determinar el grado de aceptación de las diferentes formulaciones, la información se recopiló con la aplicación de una encuesta en un formato elaborado para tal fin (Ver anexo D).

Los resultados de la prueba hedónica con los jueces no entrenados se analizaron mediante la utilización de la tabla de significancia para prueba de dos muestras Roesser y col, 1956, citado por Álvarez (2000), (Ver anexo E), en la que se determina la preferencia del consumidor o juez no entrenado, con el número de jueces y sus respuestas al evaluar las mermeladas de prueba<sup>24</sup>

**Figura 20.** Prueba hedónica a consumidores



<sup>23</sup> JANACUA , Vidales Héctor. Análisis sensorial en los alimentos. (online)<http://www.Analisis%20Sensorial.htm>  
p.1 Fecha: 09-16-08 Hora: 05.17PM.

<sup>24</sup> ALVAREZ, Op. Cit., p. 49

**3.6.2.2 Nivel de aceptación del juez semientrenado.** Esta prueba se realizó con la participación de ocho personas, que recibieron un entrenamiento previo como jueces semientrenados (ver figura 21), de la siguiente manera:

**Figura 21.** Análisis sensorial por jueces semientrenados



- Se les enseñó el manejo del formato del análisis.
- El número de jueces semientrenados se escogió teniendo en cuenta su habilidad, disponibilidad e interés en la prueba.
- Los jueces semientrenados escogidos procedieron a calificar los atributos de la mermelada utilizando el formato diseñado para tal fin (Ver Anexo F)<sup>25</sup>
- Para la evaluación sensorial de las mermeladas de pomarroso, se utilizó el método de los escores o puntajes establecidos por Anderson (1958), citado por Álvarez (2000), teniendo en cuenta lo siguiente:

- a. Los factores del estudio deben ordenarse en forma lógica así: vista, olfato y gusto.
- b. Escalas de valores no muy amplias de 0-10, 0-20.
- c. No establecer muchas variables.
- d. Reforzar la información mediante análisis fisicoquímicos.

El análisis requiere descartar los valores extremos de los datos observados, mediante el establecimiento de los límites de confianza

$$Lc = \bar{X} + / - W * tw$$

Donde:

Lc = Límite de Confianza

X= Media de los datos

W = Rango de los datos

---

<sup>25</sup> Ibid, p, 50

$t_w$  = Factor de Confianza, dado en la tabla (Ver anexo G) y escogido según el número de determinaciones.

El  $t_w$  es el valor de de los t para un nivel de confianza definido (Ejemplo: 95%) para el rango W y n observaciones.

Como quiera que estas variables no corresponda a la estadística no paramétrica el límite superior e inferior están dados por:  $+Wt_w$  y  $-Wt_w$ , en donde W reemplaza la desviación estándar de la estadística paramétrica y el  $t_w$  es un factor de corrección (Dean and Dixon) (Ver Anexo G) equivalente al valor de Z.

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO APROXIMADO DE ÁRBOLES DE POMARROSO SEMBRADOS EN LA CIUDAD DE NEIVA.

**4.1.1 Cuantificación y producción del pomarroso.** Con la información obtenida en los recorridos realizados por los barrios de la ciudad de Neiva, se contó el número de árboles plantados y el promedio de la producción semestral de los árboles de pomarroso que se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2.** Producción semestral estimada de pomarroso para el municipio de Neiva, año 2008.

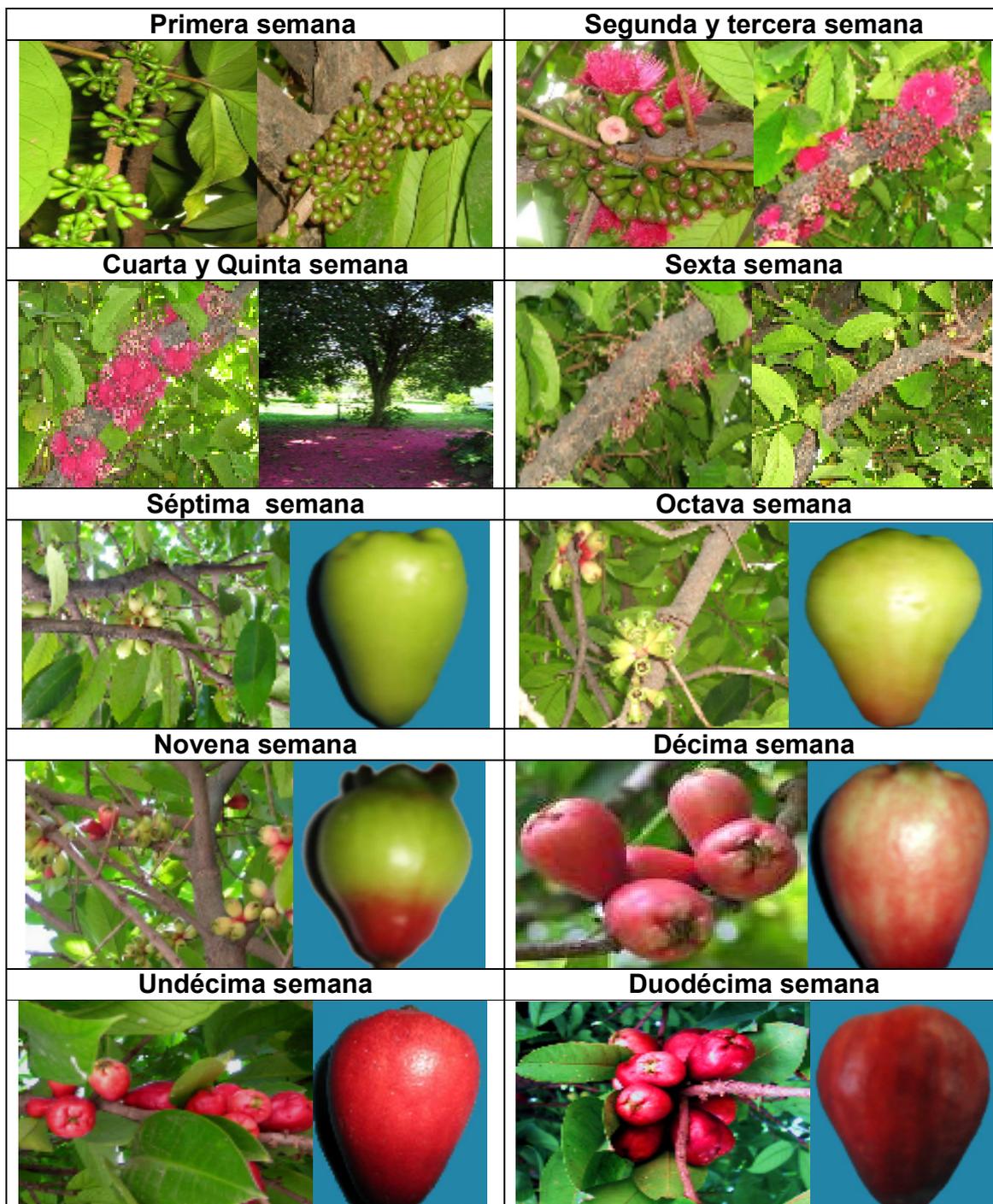
AÑO 2008	
Área del municipio de Neiva	1.553 Km <sup>2</sup>
Árboles plantados	9.852 árboles
Producción semestral promedio por árbol	20.75 Kg.
Producción semestral promedio en la ciudad de Neiva	204.429 ton.

### 4.1.2 Seguimiento del crecimiento del fruto en el árbol:

Se seleccionaron aleatoriamente los árboles a muestrear para realizar observaciones periódicas del crecimiento del fruto en el árbol en las comunas 1 y 3 de la ciudad de Neiva.

Desde el momento de la aparición de la flor y hasta la maduración del fruto en la planta, transcurre un tiempo aproximado de dos y medio meses, durante este periodo se determinaron las etapas que se muestran en la figura 22. La cosecha se presenta en dos periodos: abril a junio y septiembre a noviembre.

**Figura 22.** Evolución del crecimiento en el árbol del fruto de pomarroso



En la primera semana se empiezan a formar las flores sin aun emerger los estambres confinados por los sépalos. Entre la segunda y quinta semana se desarrollan las flores hasta quedar totalmente abiertas, al momento de la caída de los estambres al suelo forman una alfombra rojiza que caracteriza a este árbol. A partir de la sexta semana se inicia la formación del fruto y se produce la selección natural de los frutos verdes, los frutos que permanecen en el árbol continúan realizando el proceso fisiológico de crecimiento.

Las condiciones del fruto en la séptima semana se tomaron como el primer estado de la evolución de la madurez del fruto en el árbol. Durante la octava semana, los frutos verdes van cambiando de tonalidad en la parte donde se une con el pedúnculo, en lo que se consideró como el segundo estado de madurez del fruto; transcurrida ésta etapa, en la novena semana, el fruto desarrolla un tono rojizo que comprende un tercio ( $1/3$ ) del tamaño de éste, estableciéndose como el tercer estado de madurez. En la décima semana, la coloración rojiza es más uniforme y cubre todo el fruto, a este estado se le consideró como el cuarto estado de madurez. En la undécima semana, el fruto alcanza un color rojo intenso, atractivo y presenta características sensoriales aceptables para el consumidor; ésta condición se definió como el quinto estado de madurez.

Por último, en la evolución de madurez que se presenta en la duodécima semana, el color del fruto pasa a un tono más oscuro (morado) y menos lustroso, etapa que se estableció como el sexto estado de madurez o sobremaduro.

## **4.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL FRUTO**

**4.2.1 Fruto de pomarroso bajo condiciones ambientales.** A continuación se muestra la caracterización física de los seis estados de madurez, y la caracterización química y fisiológica del estado de madurez quinto, establecido para el pomarroso.

**4.2.1.1 Características físicas:** Los resultados de los análisis de cada estado de madurez del pomarroso, aparecen relacionados en las tablas 3 y 4. Se presentan los valores promedio del volumen real, volumen aparente, peso específico, peso, redondez, área superficial y resistencia a la penetración para cada estado de madurez.

➤ **Volumen** promedio (real, aparente y teórico), **peso específico** promedio (real, aparente y teórico). Ver tabla 3. (Ver Anexo B y C)

**Tabla 3.** Valores promedio del volumen y peso específico para cada estado de madurez.\*

Estado de Madurez	Volumen (cm <sup>3</sup> )			Peso Específico (gr. / cm <sup>3</sup> )		
	Real	Aparente	Teórico	Real	Aparente	Teórico
1	254	500	43.70	1.18	0.60	6.56
2	252	506	49.01	1.19	0.59	6.12
3	355	550	59.01	0.85	0.55	5.08
4	357	588	75.78	0.84	0.51	3.96
5	361	620	77.53	0.83	0.48	3.87
6	363	626	83.51	0.83	0.48	3.60

\*Datos: tomados en el laboratorio de postcosecha y control de calidad USCO

Teniendo en cuenta los valores de la tabla 3, obtenidos al promediar en cada estado de madurez, se observa que: el volumen real oscila alrededor de 254 a 363 cm<sup>3</sup>, el volumen aparente entre 500-626 cm<sup>3</sup> y el volumen teórico calculado varía en 43.70 y 83.51cm<sup>3</sup>. Igualmente los datos del peso específico real consignados están entre 1.18-0.83 gr/cm<sup>3</sup>, peso específico aparente promedio entre 0.6-0.48 gr/cm<sup>3</sup> y el peso específico teórico calculado de 6.56-3.60 gr/cm<sup>3</sup>; los valores menores corresponden al primer estado (Verde) y el máximo al sexto estado de madurez (sobre maduro).

➤ **Peso, redondez, área superficial, resistencia a la penetración para cada estado.** Los valores de estas características se encuentran relacionados en la tabla 4.

**Tabla 4.** Valores promedio: peso, redondez, área superficial y resistencia a la penetración para cada estado de madurez.

ESTADO DE MADUREZ	PESO (gr.)	REDONDEZ	ÁREA SUPERFICIAL REAL (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA gf
1	12,30	0.53	20.5	1328
2	13,88	0.62	35.1	1270
3	22,69	0.60	35.5	992,5
4	47,48	0.71	76.8	667,0
5	52,22	0.80	91.8	523,7
6	64,94	0.82	97.5	434,0

\*Datos: tomados en el laboratorio de Postcosecha y Control de Calidad USCO

Se analizaron las variables de la tabla para cada estado de madurez del fruto, infiriéndose que tanto el peso, la redondez y el área superficial del pomarroso se incrementan gradualmente desde el primer estado de madurez a medida que transcurre la evolución del crecimiento hasta el sexto grado de madurez, obteniéndose una fruta liviana, siendo un fruto de forma irregular y referente al área superficial hay un aumento desde el primer estado al último.

Todo lo contrario ocurre en relación con la resistencia a la penetración, la cual registra una disminución significativa de 1328 a 434gf durante el proceso de maduración del fruto, indicando que estos son muy blandos comparados con otros productos agrícolas y se ocasionaría pérdidas físicas por efecto de daños por magulladuras al efectuar prácticas tradicionales de manejo de postcosecha.

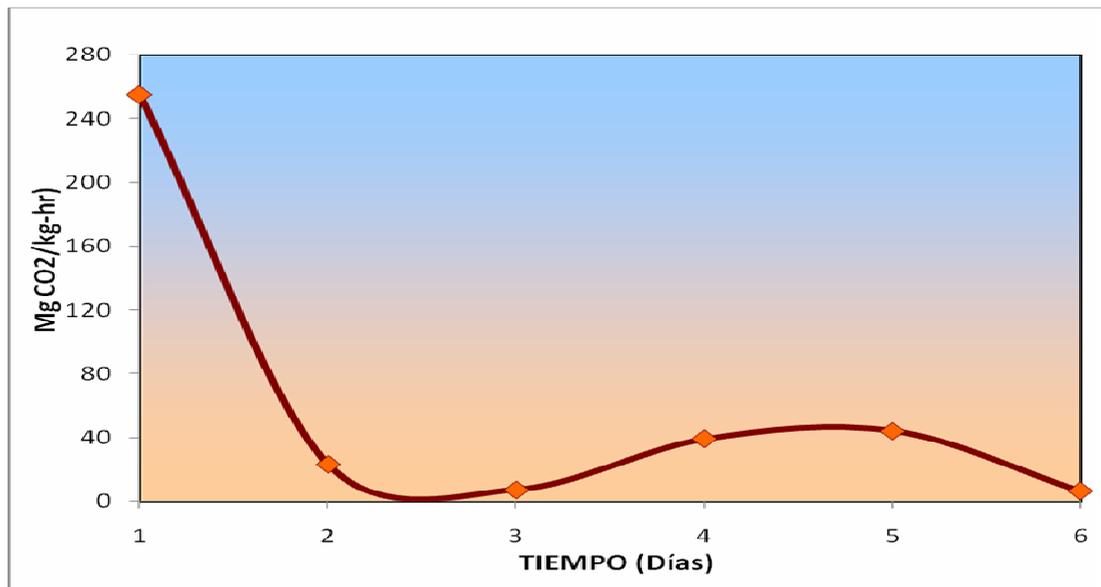
**4.2.1.2 Características físico-químicas y fisiológicas:** Para determinar estas características, el fruto se recolectó en diferentes estados de madurez; a continuación, en la tabla 5, se presenta la información del quinto estado de madurez (grado 4/4). Para establecer estas características se tomaron 2kg de producto.

**Tabla 5.** Valoración de los parámetros físico-químicos y fisiológicos en el quinto estado de madurez (grado 4/4) del pomarroso a una temperatura de 25.2 °C y HR del 63%

DIAS	pH	SÓLIDOS SOLUBLES (°Brix)	%A.C.	ÍNDICE DE MADUREZ	TASA RESPIRACIÓN mgCO <sub>2</sub> /Kg <sup>1</sup> -hr <sup>1</sup>	PESO (Kgr.)	% PÉRDIDA DE PESO
1	3,41	4,1	0,58	7,05	255,05	1,0012	0,00
2	3,52	4,5	0,58	7,80	23,34	0,9593	4,18
3	3,55	5,3	0,54	9,77	7,29	0,9457	5,54
4	3,50	5,7	0,53	10,77	39,11	0,9072	9,39
5	3,54	6,0	0,51	11,79	44,27	0,8794	12,17
6	3,54	6,1	0,52	11,83	6,45	0,8402	16,08

% A. C= % de ácido cítrico. Índice de madurez = °B/%A.C

**Figura 23.** Comportamiento en la tasa de respiración del pomarroso en el quinto estado de madurez a una temperatura de 25 °C y HR del 63%

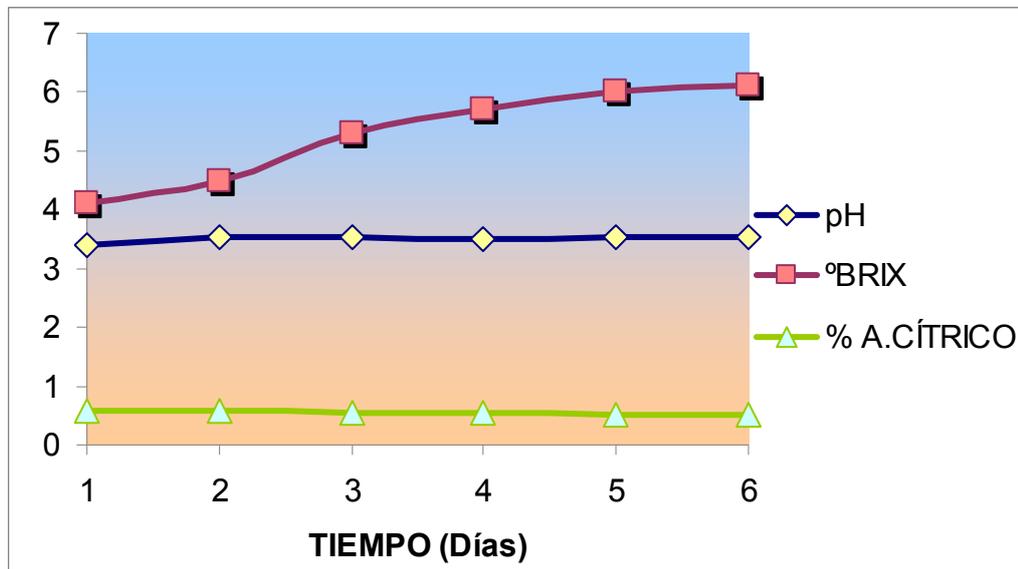


La figura 23 corresponde a la evaluación de la respiración del pomarroso en el quinto estado de madurez almacenado a condiciones ambientales, expresado en  $\text{mgCO}_2\text{Kg}^{-1}\text{-hr}^{-1}$ , se observa un comportamiento de fruto no climatérico, en el que la intensidad respiratoria inicial después del desprendimiento del árbol es de  $255.05 \text{ mgCO}_2\text{Kg}^{-1}\text{-hr}^{-1}$  disminuyendo drásticamente hasta  $7.29 \text{ mgCO}_2\text{Kg}^{-1}\text{-hr}^{-1}$  en el tercer día, teniéndose un leve ascenso a  $44.27 \text{ mgCO}_2\text{Kg}^{-1}\text{-hr}^{-1}$  durante el quinto día, seguidamente la tasa de respiración decrece hasta que el fruto llega a  $6.45 \text{ mgCO}_2\text{Kg}^{-1}\text{-hr}^{-1}$  aproximándose a la anulación de la respiración con la muerte del fruto en el último día de prueba. El comportamiento descrito es un factor determinante para que el pomarroso sea un producto altamente perecedero, al conservar su apariencia natural tan solo hasta el cuarto día y manteniendo el proceso de respiración hasta el sexto día, presentando indicios externos de desarrollo de microorganismos, marchitamiento, pérdida de turgencia y de brillo.

En los frutos no climatéricos, según Parra Coronado: “la intensidad respiratoria disminuye durante el periodo de vida del producto, hasta llegar a anularse con la muerte del producto”. Las frutas no climatéricas maduran en la planta. Si se le remueve antes de madurar, la intensidad respiratoria o tasa de respiración disminuye con lentitud. Por lo cual este producto perecedero, para prolongar su vida útil, necesita un manejo óptimo de temperatura y humedad.<sup>26</sup>

<sup>26</sup> PARRA; Op. cit; p.8.

**Figura 24.** Comportamiento de los <sup>a</sup>Brix, pH y Acidez del quinto estado del pomarroso a temperatura 25.2 °C y HR 63 %

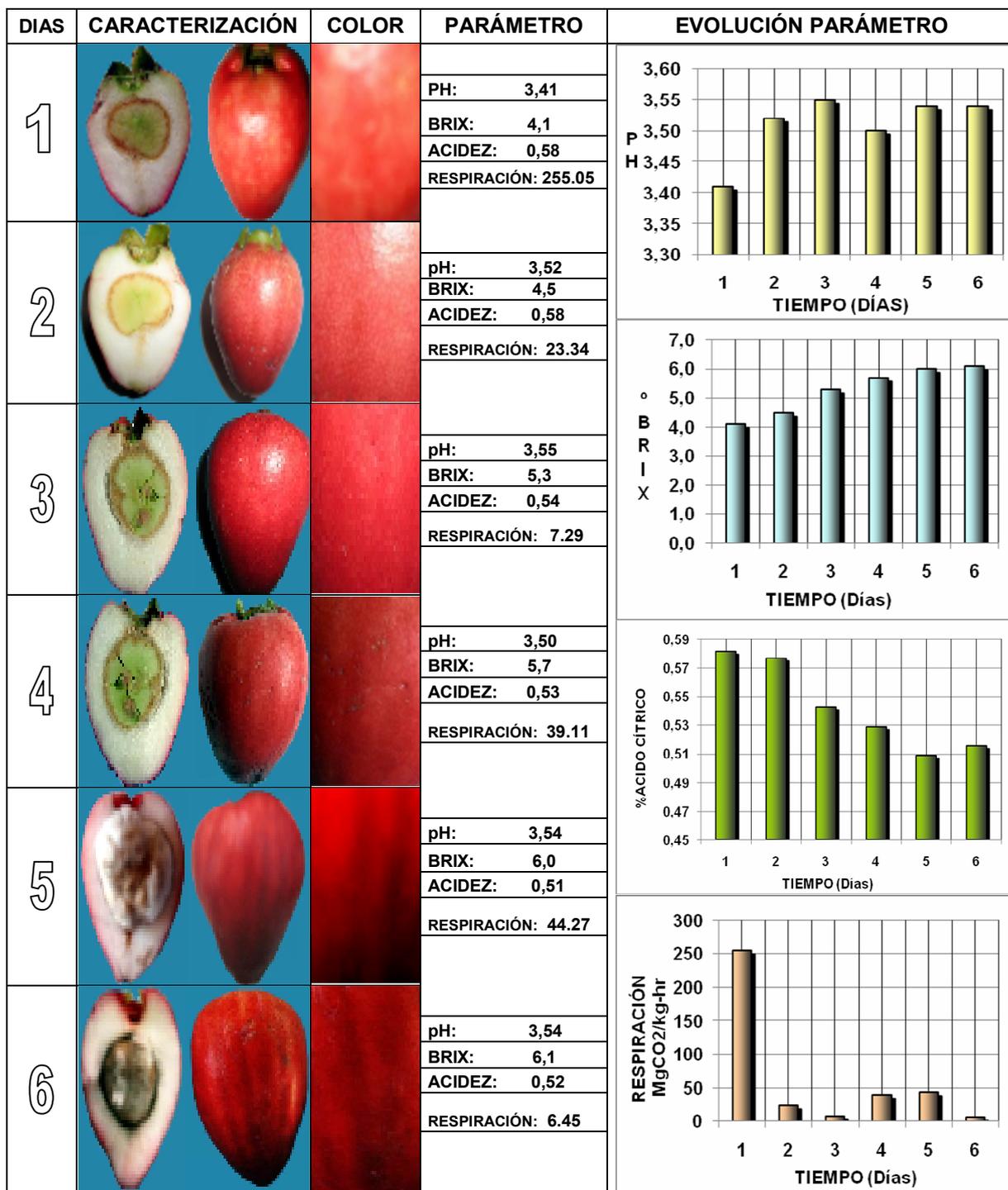


En la figura 24 se observa que los sólidos solubles totales (°Brix) en el jugo del pomarroso durante los seis días de almacenamiento, mostraron un incremento progresivo al iniciar con 4.1°Brix y finalizar en el sexto día con 6.1°Brix en el cual presentó la mayor concentración de azúcares.

El pH tuvo una tendencia de aumento continuo hasta el tercer día, descendió levemente al día siguiente y se estabilizó en los dos últimos días, presentando valores en un rango de 3 a 4 durante el tiempo de almacenamiento, respecto al comportamiento del porcentaje de acidez titulable se encontró que tiene tendencia a disminuir durante el tiempo de prueba, contrario a la conducta presentada por el pH.

El comportamiento observado de los sólidos solubles (°Brix) y el porcentaje de acidez indica una estabilización de la acumulación de azúcares y ácidos a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, lo que se refleja en las características durante la maduración con cambios en el color, sabor y jugo del fruto, por ende el pomarroso presenta un sabor insípido.

**Figura 25.** Carta de caracterización del fruto almacenado al ambiente a una temperatura 25.2 °C y HR del 63% cosechado en el quinto estado de madurez del Pomaroso “*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry”



Al evaluar las características fisicoquímicas del pomarroso en el quinto estado de madurez presentadas en la tabla 5 y en la carta colorimétrica (figura 25), muestra una pérdida de peso del 16.08% desde el primer día al sexto día de almacenamiento, como consecuencia de la pérdida de agua y nutrientes por transpiración y respiración, lo cual permite definir a este fruto como altamente perecedero.

El comportamiento del índice de madurez presentó una conducta de aumento gradual debido a que los sólidos solubles (°Brix) iniciaron con 4.1°Brix y posteriormente a 6.1°Brix en el sexto día, la acidez desciende hasta el tercer día luego se incrementa levemente y continúa el descenso hasta el último día, el pH inició con 3.41 en el primer día incrementándose hasta el quinto y sexto día con 3.54, éstas características inciden en las propiedades organolépticas del fruto las cuales permiten determinar hasta que grado éste se hace más apetecible para el consumidor.

Analizando las pruebas de la tasa de respiración realizadas en el laboratorio, se encontró que la cantidad máxima de CO<sub>2</sub> desprendida se registró al inicio del proceso de almacenamiento a condiciones ambientales (25.2 °C y HR del 63%), con un valor de 255.05 mgCO<sub>2</sub>Kg<sup>-1</sup>-hr<sup>-1</sup> y el valor mínimo fue de 6.45 mgCO<sub>2</sub>Kg<sup>-1</sup>-hr<sup>-1</sup> en el sexto día de almacenamiento; posteriormente no se evaluó la tasa de respiración debido a que el producto comenzó a deteriorarse en gran medida.

Las características adecuadas para el procesamiento del pomarroso se conservan hasta el cuarto día de almacenamiento, en el cual, se presentan tanto los parámetros físico-químicos como organolépticos más adecuados para ello; a partir de allí se inicia el detrimento del producto. (Ver figura 25)

#### **4.2.2 Fruto de pomarroso en refrigeración**

El almacenamiento de los frutos se llevó a cabo en una nevera de refrigeración fijando primero la temperatura de 4-6°C y humedad relativa 80-100% y segundo a una temperatura de 6-8°C y humedad relativa entre 70-100%. Las muestras duraron hasta seis (6) días en buenas condiciones cualitativas y organolépticas, a partir del séptimo (7) día se originaron daños por decoloración, ablandamiento y encogimiento, por lo que se evaluaron las características fisicoquímicas hasta los siete (7) días de almacenamiento.

**Características Físicas-químicas:** Se determinó a los frutos el pH, peso, % acidez titulable, índice de madurez y sólidos solubles, durante el ensayo de refrigeración a dos (2) condiciones diferentes: a temperatura de 4-6°C y humedad relativa 80-100% y temperatura de 6-8°C y humedad relativa entre 70-90%, para el quinto estado de madurez. Como se observa en las tablas 6 – 7 y figura 30.

**Tabla 6.** Valoración de los parámetros físico-químicos a condiciones de refrigeración (4-6°C y humedad relativa entre 80-100%).

DÍAS	pH	SÓLIDOS SOLUBLES (°Brix)	%A.C.	ÍNDICE DE MADUREZ	TASA RESPIRACIÓN MgCO <sub>2</sub> /Kg <sup>1</sup> -hr <sup>1</sup>	PESO (Kg.)	% PÉRDIDA DE PESO
1	3,85	6,2	0,64	9,69	288,89	1,003	0,00
2	3,68	5,0	0,56	8,88	88,38	0,973	3,03
3	4,05	6,8	0,58	11,68	120,06	0,955	4,88
4	4,11	6,2	0,53	11,67	65,17	0,938	6,51
5	4,08	5,0	0,44	11,32	69,19	0,922	8,13
6	4,18	6,0	0,49	12,34	85,57	0,902	10,09
7	4,20	6,2	0,46	13,45	64,05	0,886	11,71

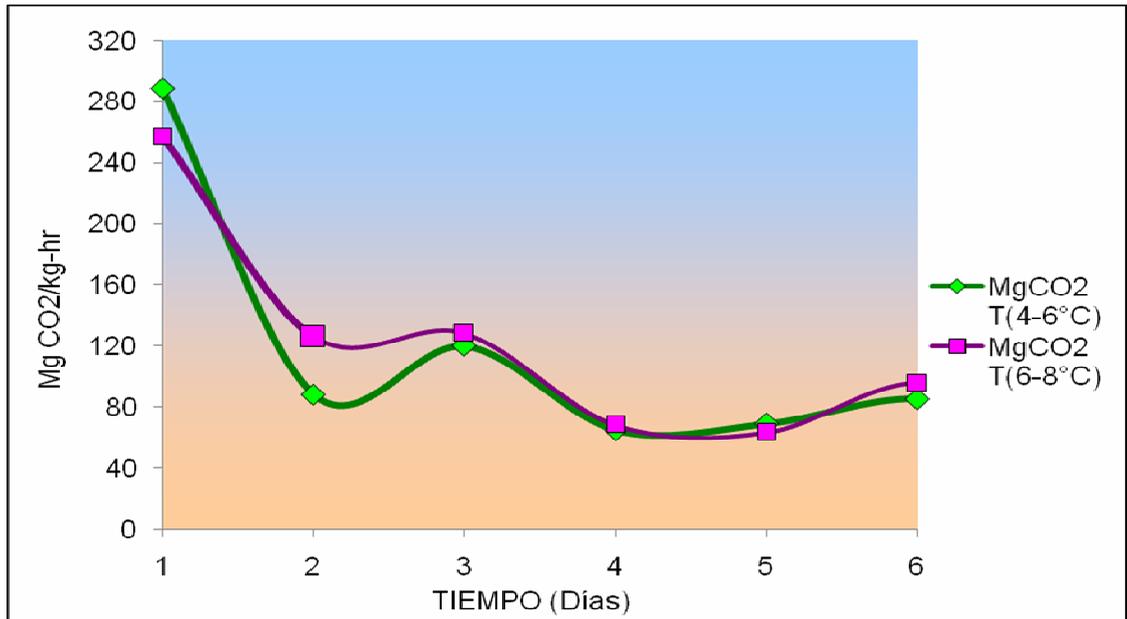
% A. C: % de ácido cítrico. Índice de madurez = °B/%A.C

**Tabla 7.** Valoración de los parámetros físico químicos a condiciones de refrigeración (6-8°C y humedad relativa entre 70-90%).

DÍAS	pH	SÓLIDOS SOLUBLES (°Brix)	%A.C.	ÍNDICE DE MADUREZ	TASA RESPIRACIÓN MgCO <sub>2</sub> /Kg <sup>1</sup> -hr <sup>1</sup>	PESO (Kg.)	% PÉRDIDA DE PESO
1	4,11	8,5	0,88	9,69	257,44	1,008	0,00
2	4,37	8,0	0,78	10,25	125,96	0,978	3,00
3	4,63	7,0	0,53	13,18	128,27	0,948	5,94
4	4,78	6,0	0,47	12,84	68,35	0,920	8,72
5	4,80	7,5	0,53	14,12	63,49	0,894	11,34
6	4,92	7,2	0,46	15,63	95,61	0,863	14,43
7	4,95	7,0	0,45	15,40	64,78	0,832	17,49

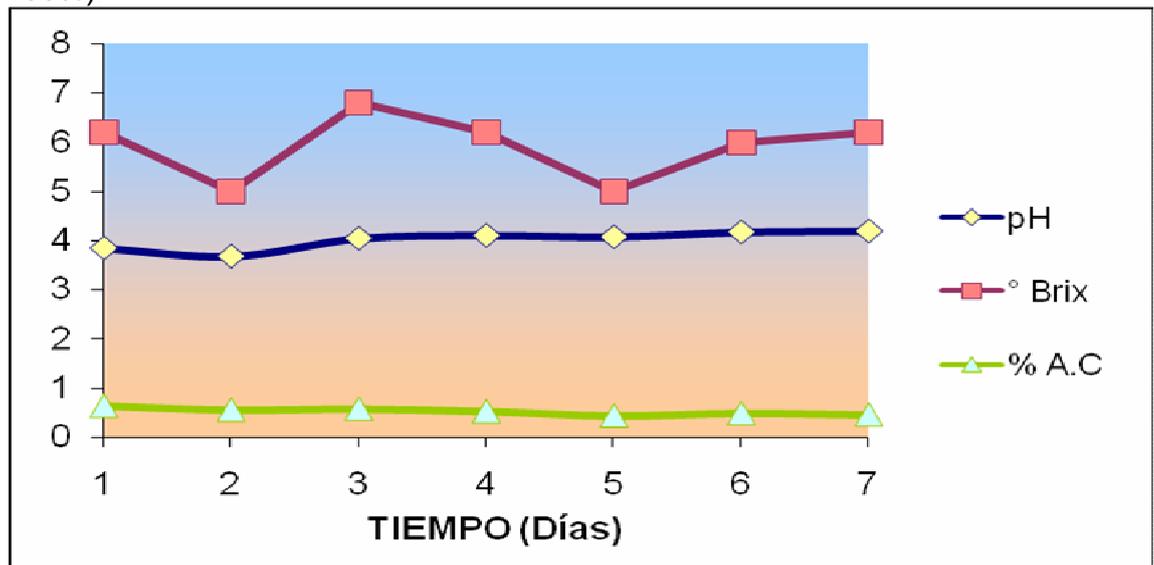
% A. C: % de ácido cítrico. Índice de madurez = °B/%A.C

**Figura 26.** Comportamiento en la tasa de respiración del pomarroso a dos temperaturas de (4-6°C y 6-8 °C de humedad relativa entre 70-100 %).

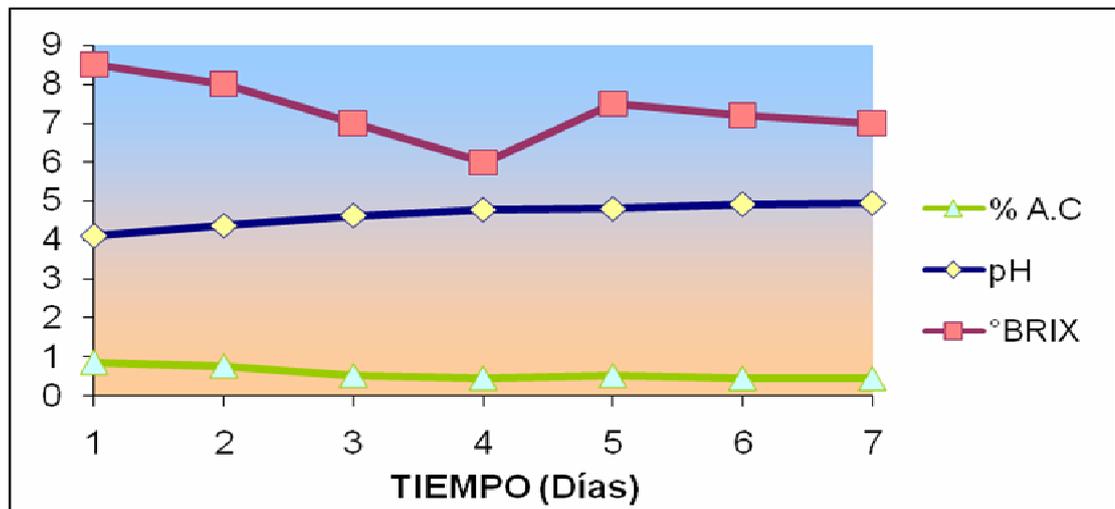


En la figura 26 se observa el comportamiento en la tasa de respiración para el quinto estado de madurez (grado 4/4) del pomarroso bajo dos (2) condiciones de temperatura de refrigeración, mostrando una evolución de fruto no climatérico, influyendo de forma determinante en que el pomarroso sea altamente perecedero.

**Figura 27.** Variación de los °Brix, pH y Acidez del pomarroso a (4-6 °C y HR 80-100%).

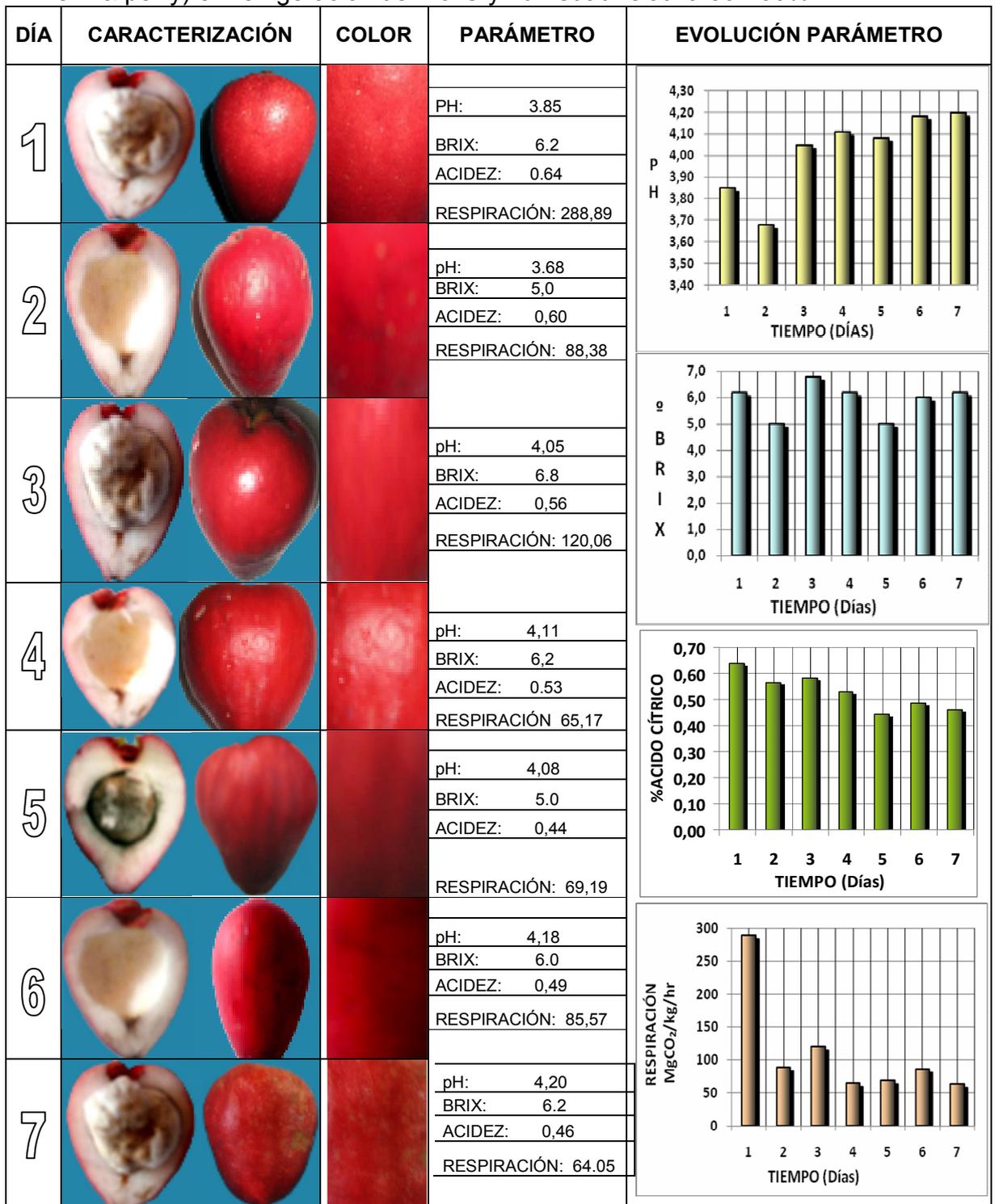


**Figura 28.** Variación de los <sup>a</sup>Brix, pH y Acidez del pomarroso a (6-8 °C y HR entre 70-90 %).



El comportamiento de las características observadas en las figuras 27 y 28 en las dos (2) condiciones de almacenamiento en refrigeración fue similar, presentando un leve incremento en el pH y reducción en el % acidez; los <sup>a</sup>Brix tienden a ser más bajos a medida que avanza el almacenamiento en ambos tratamientos.

**Figura 29.** Carta de caracterización del “pomarroso” (*syzygium malaccense* (L.) Merr. & perry) en refrigeración de 4-6°C y humedad relativa 80-100%.



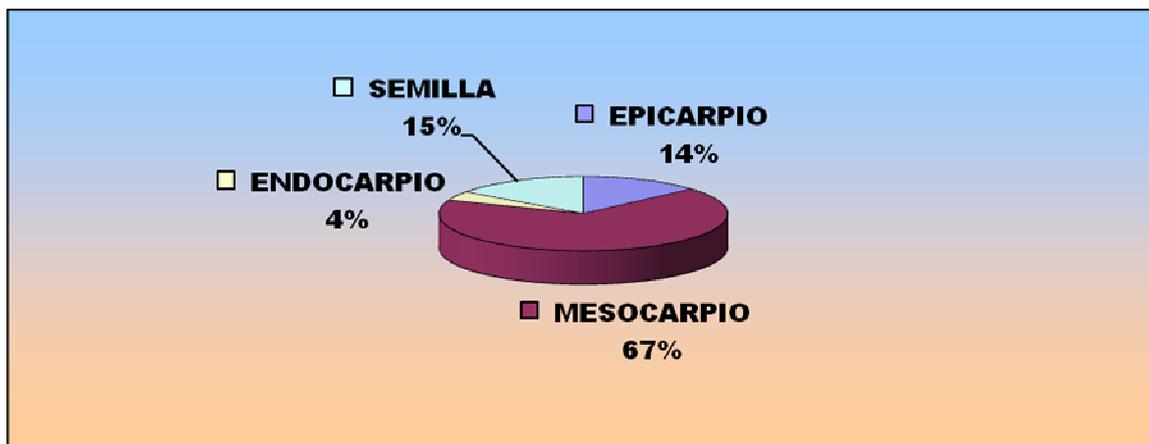
Uno de los parámetros evaluados a condiciones de refrigeración y que presenta mayor influencia para el análisis entre estas condiciones de almacenamiento es la variación en el peso del pomarroso, la cual es menor cuando se almacena en refrigeración, permitiendo conservar la calidad del fruto por un periodo mayor que el logrado a condiciones ambientales que fue de cuatro (4) días (de acuerdo a las Tablas 6, 7 y figura 29); estableciéndose un tiempo de vida útil de seis (6) días en los dos (2) tratamientos de refrigeración, a partir de allí se presenta ablandamiento de tejidos, arrugamiento, pérdida de color, sabor y aroma.

Otra variable favorecida bajo condiciones de refrigeración es la resistencia a la penetración, la cual es mayor que la registrada en almacenamiento a condiciones ambientales, sin embargo, es detener en cuenta que estos son muy sensibles al daño físico al efectuar las prácticas tradicionales de manejo de postcosecha.

#### 4.3 Determinación del rendimiento promedio del fruto de pomarroso y sus componentes

El pomarroso esta constituido por las siguientes capas: Epicarpio o cáscara externa también conocida como película epidérmica y aporta un promedio del 13%; el mesocarpio capa blanca y esponjosa que contiene el fruto carnoso presentó un 68% (pulpa); el endocarpio membrana interna blanca divisora de los cascos, el cual comprende 4% y la semilla dispuesta dentro del pericarpio posee un 15%. (Ver Figura 30 y ANEXO C).

**Figura 30.** Componentes del Pomarroso.



Los porcentajes antes descritos muestran que el pomarroso contiene la mayor fracción de sus componentes en parte comestible convirtiéndose en un fruto con un buen rendimiento, favorable para su transformación.

#### 4.4 ELABORACIÓN DE LA MERMELADA:

##### 4.4.1 Formulación mermelada de pomarroso.

Para la formulación se tiene en cuenta la cantidad de producto total a elaborar y según Narváez también “las características de sus componentes como el contenido de fruta respecto al producto final, los sólidos solubles del producto final, el poder gelificante o gradación de la pectina, pH de la fruta, pH óptimo de gelificación de la pectina; permitiendo determinar las proporciones a emplear”<sup>27</sup>.

##### - Determinación de las características químicas a la pulpa utilizada en el proceso y cálculo de los ingredientes.

Datos iniciales para la fabricación de mermelada de pomarroso 50 % de fruta (Quinto estado de madurez).

pH: 4.5

Sólidos solubles: 3.6

**TABLA 8.** Cálculos de ingredientes para la fabricación de mermelada de pomarroso 50 % de fruta. (Quinto estado de madurez).

Características	° Brix	100	S.S.A	Total
<b>Materia prima</b>				
<b>Pulpa</b>	3.6	50	1.8	<b>1900</b>
<b>Azúcar</b>	100.0	63.2	63.4	<b>2409</b>
<b>Pectina</b>	100.0	1.00	1.00	<b>38.01</b>
<b>Acido cítrico</b>	100.0	1.00	0.8	<b>30.40</b>
<b>Total</b>			<b>67</b>	<b>4577</b>

➤ La pulpa se sometió a un tiempo de cocción de aproximadamente 30 minutos a fuego lento con una proporción de azúcar del 10% de la dosis total a agregar, para impedir que la mezcla se pegue y para asegurar la inversión deseada de la sacarosa y se agita constantemente el producto. Se le adicionó la pectina para que ésta se disolviera en la mezcla antes de que el contenido de sólidos solubles fuera superior al 25 %. Cuando el nivel de concentración este alrededor de 37 a 40°Brix se agrega el resto de edulcorante que se tenía pesado. Luego se adicionó la solución de ácido cítrico prevista para llevar a un pH adecuado de 3.0 cuando se acerque a los 65 o 68 °Brix.

<sup>27</sup> NARVÁEZ, Op. Cit., p 3

➤ Envasado, tapado e invertido el recipiente, se deja en reposo el producto por 24 horas.

Terminado el producto al día siguiente se realizó el análisis físico-químico obteniéndose:

pH: 3.2  
Sólidos solubles: 66.5

Datos iniciales para la fabricación de mermelada de pomarroso 50 % de fruta. (Quinto estado de madurez sin cáscara).

Datos iniciales:  
pH: 4.5  
Sólidos solubles: 3.6

**TABLA 9.** Cálculos de ingredientes para la fabricación de mermelada de pomarroso 50 % de fruta. (Quinto estado de madurez sin cáscara).

Características	° Brix	100	S.S.A	Total
<b>Materia prima</b>				
<b>Pulpa</b>	3.5	50	1.8	<b>1000</b>
<b>Azúcar</b>	100.0	63.2	63.2	<b>1268</b>
<b>Pectina</b>	100.0	1.00	1.00	<b>20</b>
<b>Acido cítrico</b>	100.0	0.8	0.8	<b>16</b>
<b>Total</b>			<b>67</b>	<b>2304</b>

Terminado el producto al día siguiente se realizó el análisis físico-químico obteniéndose:

pH: 3.1  
Sólidos solubles: 65.8

Datos iniciales para la fabricación de mermelada de pomarroso 50 % de fruta. (Sexto estado de madurez).

Datos iniciales:  
pH: 4.5  
Sólidos solubles: 3.6

**TABLA 10.** Cálculos de ingredientes para la fabricación de mermelada de pomarroso 50% de fruta. (Sexto estado de madurez).

Características	° Brix	100	S.S.A	Total
<b>Materia prima</b>				
Pulpa	4.2	50	2.1	<b>1160</b>
Azúcar	100.0	62.9	62.9	<b>1466</b>
Pectina	100.0	1.00	1.00	<b>23.2</b>
Acido cítrico	100.0	0.8	0.8	<b>18.6</b>
<b>Total</b>			<b>67</b>	<b>2668</b>

Terminado el producto al día siguiente se realizó el análisis físico-químico obteniéndose:

pH: 3.3

Sólidos solubles: 67.2

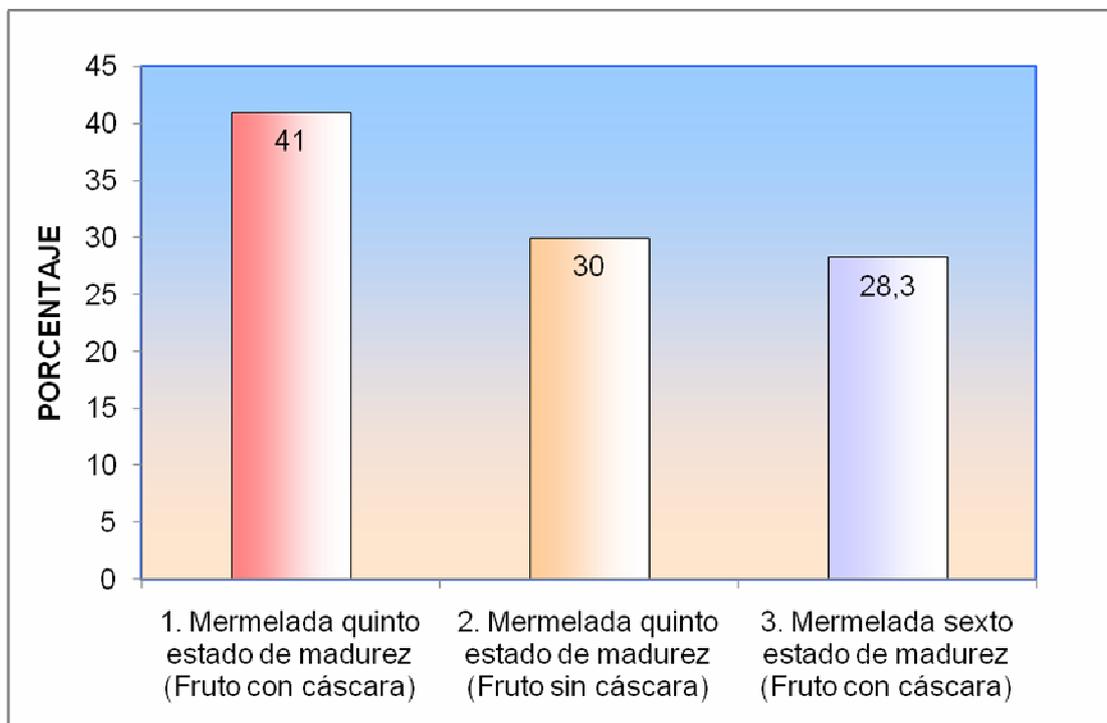
#### 4.4.2 Evaluación sensorial

##### 4.4.2.1 Nivel de aceptación al consumidor.

**Hipótesis nula:** No existe preferencia significativa en el grado de aceptación por parte de los consumidores de las mermeladas evaluadas.

**Hipótesis alternante:** Si existe preferencia significativa en el grado de aceptación por parte de los consumidores de las mermeladas evaluadas.

**Figura 31.** Resultado de prueba de degustación y aceptación a nivel del consumidor de la mermelada de pomarroso.



Obtenida y procesada la información suministrada por los 60 consumidores, 25 de ellos prefirieron la mermelada del fruto del quinto estado de madurez con cáscara representando el 41% de los encuestados, 18 prefirieron la mermelada del fruto sin cáscara del quinto estado de madurez constituyendo el 30% y 17 eligieron la mermelada del sexto estado de madurez con cáscara siendo el 28.3%. (Ver figura 31)

De acuerdo con la tabla de significancia (Ver Anexo E), se observa que el número de respuestas mínimo coincidente entre la mermelada 1 y la mermelada 2 con un nivel de probabilidad del 5% es de 29. Por lo anterior se puede afirmar que no existe preferencia significativa por parte de los consumidores. Comparando entre la mermelada 1 y 3 con nivel de significancia del 5% el mínimo coincidente de respuestas es de 28, al igual que lo anterior no hay preferencia significativa entre éstas, por último se compara la mermelada 2 y 3, no se encuentra diferencia significativa porque las respuestas mínimo coincidentes es de 24. De esta forma se infiere que no se presenta diferencia significativa entre las tres (3) mermeladas, sin embargo la mejor calificada fue la obtenida con fruta y cáscara, en el quinto estado de madurez.

De los 60 jueces consumidores 22 de ellos descubrieron la fruta utilizada en el producto el resto no la distinguió,

Entre las observaciones suministradas por los consumidores que prefirieron la mermelada del quinto estado de madurez, tenemos:

- Es más consistente y el sabor de la fruta es más característico.
- Es de sabor natural y agradable al paladar.
- El sabor dulce es agradable al paladar y buen color.
- Es muy suave para esparcir en la galleta.
- Es de mejor textura.
- El color es llamativo.
- Muy exquisita

Observaciones suministradas por los consumidores que prefirieron la mermelada del quinto estado de madurez del fruto sin cáscara:

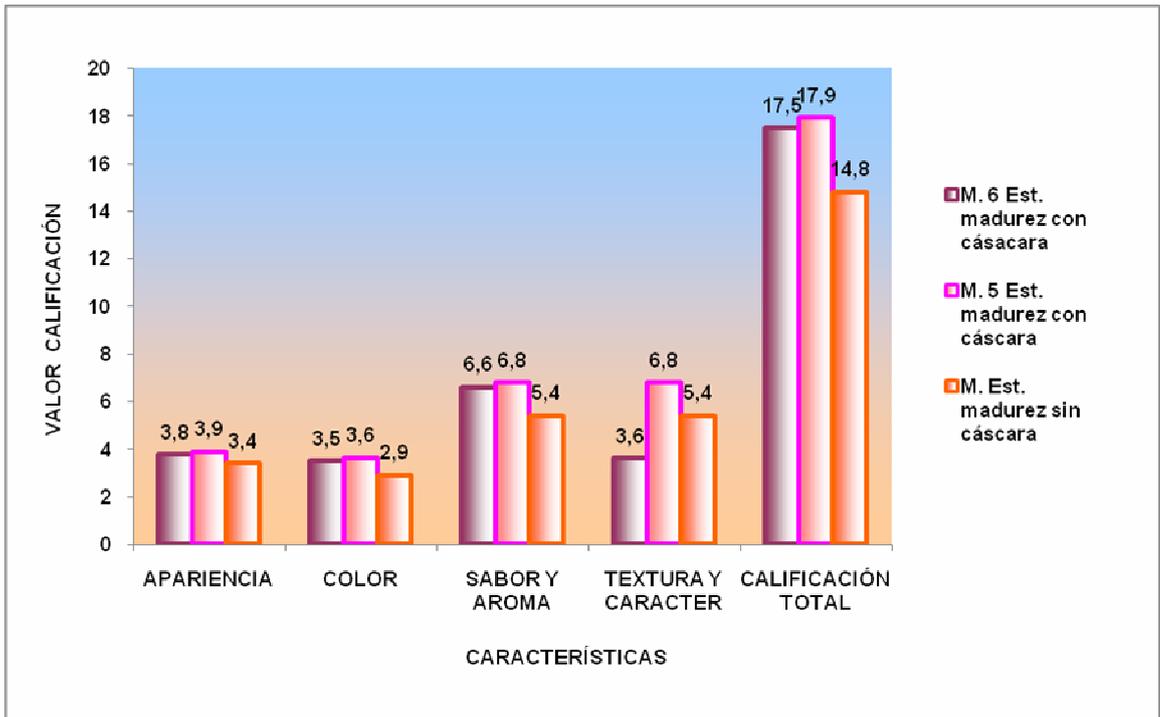
- Presenta un sabor agridulce
- Es suave y blanda.
- Es menos dulce.
- Es menos ácida y tiene el sabor a fruta.
- Tienen buena textura.

Observaciones suministradas por los consumidores que prefirieron la mermelada del sexto estado de madurez del fruto:

- Es agradable al paladar
- Es menos dulce y ácida
- Tiene el sabor a fruta
- Es suave y fácil de esparcir en la galleta
- Tienen buena textura

#### 4.4.2.2 Análisis sensorial jueces semientrenados.

**Figura 32.** Calificación promedio de las mermeladas de pomarroso, jueces semientrenados.



**Hipótesis nula:** No existe diferencia significativa en las mermeladas evaluadas.

**Hipótesis alternante:** Si existe diferencia significativa en las mermeladas evaluadas. Se rechazan los datos extremos usando al criterio de los Límites de Confianza (Dean and dixon 1951).

Los límites de confianza se determinaron usando la distribución de Student por la siguiente ecuación:

$$LC = \bar{X} + / - W * t_w$$

Donde:

LC= Limite de confianza.

X= Promedio de los datos.

W= Rango de los datos.

T<sub>w</sub>= Factor de confianza, dado en la tabla (Ver Anexo G) y escogido según el número de determinaciones.

**Tabla 11.** Calificación y cálculos de las mermeladas según los jueces semientrenados.

Jueces semientrenados	1 Mermelada. 6 Estado madurez	2 Mermelada. 5 Estado madurez	3 Mermelada. 5 Estado madurez (sin cáscara)
1	19*	20*	19*
2	18	17	16
3	15*	15*	6*
4	18	17	18
5	18	18	17
6	16	17	15
7	19*	20*	13*
8	17	19	14
<b>Sumatoria</b>	140	143	118
<b>Media</b>	17,50	17,88	14,75
<b>Rango</b>	4	5	13
<b>T<sub>w</sub> 95 para n = 8</b>	0.29	0.29	0.29
<b>LC= Media +- W*t<sub>w</sub></b>	18.66 - 16.34	19.33 -16.43	18.52 -10.98

Se descartaron las calificaciones (\*) porque están fuera de los límites obtenidos. Se discriminaron los valores, las medias resultantes son:

**Tabla 12.** Calificación ajustada de las mermeladas de pomarrosa.

Jueces semientrenados	1 Mermelada. 6 Estado madurez	2 Mermelada. 5 Estado madurez	3 Mermelada. 5 Estado madurez (sin cáscara)	1 D (1-2)	2 D (1-3)	3 D (2-3)	1 D <sup>2</sup>	2 D <sup>2</sup>	3 D <sup>2</sup>
2	18	17	16	1	2	1	1	4	1
4	18	17	18	1	0	-1	1	0	1
5	18	18	17	0	1	1	0	1	1
6	16	17	15	-1	1	2	1	1	4
8	17	19	14	-2	3	5	4	9	25
<b>Sumatoria</b>	87	88	80	-1	7	8	7	15	32
<b>Media</b>	17,4	17,6	16	-0,2	1,4	1,6			

### Cálculos:

- Para el análisis entre las mermeladas (1-2)  
 $S = \text{SQR} ((\text{Sumatoria } D^2 - ((\text{Sumatoria } D)^2/n))/(n-1))$   
Donde SQR = Raíz Cuadrada.  
D = Diferencia de (1-2).  
(n) = Número de datos, 5.  
(n-1) = Grados de libertad, 4.  
 $S = \text{SQR} ((7 - ((-1)^2 / 5)/4))$ .  
S = SQR (1.7).  
 $Sd^* = S/\text{SQR} (n)$ ; SQR (1.7/5)  
Sd\* = 0.58  
T = D media/Sd\*  
T = -0.2 / 0.58  
T = -0.34
  
- Para el análisis entre las mermeladas (1-3)  
S = SQR (1.3).  
Sd\* = 0.51  
T = 2.75
  
- Para el análisis entre las mermeladas (2-3)  
S = SQR (4.8).  
Sd\* = 0.98  
T = 1.63

Con los resultados obtenidos y de acuerdo a los grados de libertad definidos (4), en la tabla de distribución de Student (Ver Anexo H ), y con un nivel de significancia del 5%, el valor T es 2.776, el cual es mayor al T calculado = -0.34 para el análisis entre las mermeladas (1-2), 2.75 para el análisis entre las mermeladas (1-3) y 1.63 para el análisis entre las mermeladas (2-3), por lo tanto la hipótesis alternante no se aplica y se acepta la hipótesis nula, que expresa que no existe diferencia significativa entre las mermeladas evaluadas.

Observaciones según los jueces semientrenados:

- Las mermeladas en general presentan un aspecto agradable, sin embargo los jueces manifiestan que son muy dulces.
  
- Para la mayoría de los jueces semientrenados la mermelada del quinto (5) estado madurez (sin cáscara) no tiene un color muy atractivo a la vista por ser tan opaco y no es el color natural del fruto.
  
- Para la mermelada del sexto (6) estado de madurez (con cáscara) conceptualizaron que presentaba un alto grado de azúcar.

- La mermelada del quinto (5) estado de madurez (con cáscara) seleccionada como la de mejor calidad, por presentar las características sensoriales evaluadas más aceptables.

## 5. CONCLUSIONES

La cuantificación de los árboles de Pomarroso (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry) sembrados en la ciudad de Neiva arrojó una cantidad de 9.852 árboles aproximadamente, que representan una producción promedio semestral de pomarroso del 204.429 ton., los cuales podrían utilizarse con fines comerciales y de esta forma minimizar la contaminación generada por el fruto.

Se determinó que el período fisiológico del fruto transcurre en un tiempo aproximado de dos y medio meses, en dos periodos de cosecha: uno entre abril y junio y el otro entre septiembre y noviembre.

Durante el almacenamiento a condiciones ambientales los frutos tuvieron una pérdida total de peso del 16.08% en los seis días de almacenamiento.

Para cada estado de madurez del fruto, el peso, la redondez y el área superficial del pomarroso se incrementaron gradualmente desde el primer estado de madurez a medida que transcurre la evolución del crecimiento hasta el sexto estado de madurez, obteniéndose una fruta liviana, siendo un fruto de forma irregular y referente al área superficial hay un aumento desde el primer estado al último.

La resistencia a la penetración registró una disminución de 1328 a 434gf durante el proceso de maduración del fruto, indicando que estos son muy blandos comparados con otros productos agrícolas y se ocasionaría pérdidas físicas por efecto de daños por magulladuras al efectuar prácticas tradicionales de manejo de postcosecha.

Se encontró que el comportamiento de la tasa respiratoria del pomarroso corresponde a la de los frutos no climatéricos.

A condiciones ambientales la vida útil fue aproximadamente cuatro (4) días y bajo refrigeración la mejor respuesta del producto fue a una temperatura de 4 a 6°C y humedad relativa del 80 al 100%, manteniendo sus características de calidad hasta por un periodo de seis (6) días, debido a esto se define al pomarroso como un producto altamente perecedero.

En condiciones de refrigeración la pérdida de peso es menor y la resistencia a la penetración es mayor en comparación a lo obtenido bajo condiciones ambientales, y que además se logra un incremento en la vida útil del producto, por lo que se considera que el almacenamiento en refrigeración es el tratamiento más favorable para mantener la calidad del fruto.

Considerando los resultados de los parámetros físico-químicos y fisiológicos obtenidos durante el almacenamiento a condiciones ambientales, se estableció que el estado más adecuado para la transformación del pomarroso es el quinto, por presentar la mayor expresión de las características sensoriales para la obtención de un producto procesado de buena calidad.

El rendimiento en pulpa del pomarroso fue de 68%, las restantes partes son semillas 15%, cáscara 13% y endocarpio 4%, por lo que se considera como un fruto con buen rendimiento en pulpa, lo que es favorable para su transformación.

De las tres mermeladas formuladas, la elaborada con frutos del quinto estado de madurez incluyendo la cáscara, fue la mejor calificada por los paneles sensoriales al presentar una apariencia, sabor agradable, textura suave y adecuada y sensación menos dulce comparada con las otras dos (2) muestras.

La evaluación sensorial aplicada a las mermeladas de pomarroso, permite considerar este producto como una excelente alternativa de consumo para los habitantes de Neiva.

## **6. RECOMENDACIONES**

Preparar nuevas mermeladas con diferentes porcentajes de contenidos de fruta y sólidos solubles teniendo en cuenta la norma 285 INCONTEC; igualmente transformar el pomarroso en otros productos, sometiéndolos al análisis sensorial, debido a que este árbol tiene varios usos de tipo comestible, industrial y medicinal.

Para investigaciones posteriores es importante incluir la realización del análisis microbiológico al fruto y productos obtenidos del pomarroso.

Se sugiere que el fruto se procese inmediatamente después de cosechado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ L., Iván Eduardo. Evaluación de las características de la mora de castilla y tomate de árbol con fines de comercialización en estado fresco y procesado. Universidad Surcolombiana, programa de Ingeniería Agrícola. 2000 p. 37.

ANZALDUA M Antonio. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica, España: Acribia 1994.

ARANGO. R. Luz Marina. Y SANABRIA Néstor. Conservación de frutas y hortalizas. 1985 p 1 -17.

BARRERA A. Marcia. Y PEREZ P. Humberto. Evaluación de la Calidad, rendimiento y Almacenamiento de Pulpas de Curuba y Lulo Producido en el Huila con Fines Agroindustriales. Neiva. Universidad Surcolombiana. Programa Ingeniería Agrícola 1996. p. 44-45, Anexo C y D.

CERQUERA R. Maria Eugenia e IZQUIERDO B. Jaime. Evaluación de la Calidad, rendimiento y Almacenamiento de Pulpas de Mora de Castilla (*Rubus glaucus benth*) y Tomate de Árbol (*Cypomandra betacea send*) producidas en el Huila con fines Agroindustriales, Neiva, Universidad Surcolombiana. Programa Ingeniería Agrícola 1996. p. 43 – 44 Anexo C y D.

ESPINOSA M., Julia. Evaluación Sensorial de los Alimentos Química de los Alimentos. Editorial Universitaria. Universidad de la Habana. Cuba. 2007, p 14.

Fruits and productos chapter 37 p 10. Official methods of Analysis of AOAC Internatinal. 16<sup>th</sup> edition vol II food composition additives natural contaminants.

GONZÁLEZ, José. Myrtaceae.pdf. Flora digital de la selva. Organización para Estudios Tropicales 11-Set-2006 [www.Sura.ots.ac.cr/local/florula3/fr\\_species.php](http://www.Sura.ots.ac.cr/local/florula3/fr_species.php). (Flora Digital - Páginas de Especies.htm)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS, Normas Colombinas para la presentación de tesis de grado Santafé de Bogota, D.C. 2008.

IZCO, Jesús, E. Barreno y otros. Botánica. Primera edición. Editorial Mac Graw Hill Interamericana de España S.A.U. Madrid 1997. Pág.: 406 a 410, 474, 486 a 490.

JANACUA, Vidales Héctor. Análisis sensorial en los alimentos. (online)<http://www.Analisis%20Sensorial.htm> p.1 Fecha: 09-16-08 Hora: 05.17PM.

LESLIE Felices. online\Curso gratis: Elaboración de mermelada de uva - Materia prima e insumos.htm Jueves, 05 de Junio de 2008. Hora: 06:02 p.m.

MAHECHA, Gilberto Emilio. Árboles del valle del Cauca. Litografía Arco. Progreso Corporación Financiera S.A. Bogotá, Colombia, 1983, p. 118.

MORTON, J. 1987. Malay Apple. p. 378–381. In: Fruits of warm climates. Julia F. Morton, Miami, FL. resultado de búsqueda. Htm [On line]. Fecha: Viernes 9 de mayo de [2008]. Hora: 2:35p.m disponible en: www. Hort.purdue.edu/newcrop/morton/malay\_apple.html. (Malay Apple.htm) Morton, J. 1987.

NARVÁEZ, Paulo César y SARMIENTO, Deisy Viviana. Obtención de pulpas y elaboración de subproductos a partir de bómolo. Planta Piloto de Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. Instituto Colombiano de Tecnología de Alimentos. ICTA. Bogotá, Colombia. XXII IACChE (CIIQ) 2006 / V CAIQ.(online) 14b\_336.pdf. P,3-4

PARRA C, Alfonso y HERNADEZ H, Eugenio. Fisiología Postcosecha de Frutas y Hortalizas. Santafé de Bogotá. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, 1997, p. 34-36.

PARRA C, Alfonso. Técnicas de Almacenamiento y conservación de frutas y hortalizas frescas. Colombia. Universidad Nacional, 2002. p.8.

PEARSON D. Técnicas de laboratorio para análisis de alimentos, Editorial Acribia, Zaragoza España 1993.

PEREZ Arbelaez Enrique. Plantas útiles de Colombia. Quinta edición. Fondo Fen Colombia. Bogota 1996. Pág.: 502 a 510. ENRIQUE, Pérez Arbalaez. Plantas Útiles de Colombia. Fonde Fen Colombia. 5 edición. Bogotá, 1996. Pág. 505

R. L. Wilbur & Colaboradores. Organization for Tropical Studies.htm. Lista preliminar de las plantas vasculares. Edición XV. Octubre 1990. Fecha: 04-13-07 Hora: 19.49

URIBE U, Lorenzo. Botánica. Decimocuarta edición, editorial Librería voluntad S.A. Bogota. Colombia 1971. Pág. 159-160.

VILLAMIZAR C Fanny. Manejo tecnológico postcosecha de frutas y hortalizas. Manual de prácticas, Publicación SENA - Universidad Nacional de Colombia. Editorial Unidad de Publicaciones. Bogotá D.C. Junio 2001, p 25-33.

# **ANEXOS**

## **Anexo A. Método para determinar la tasa respiratoria**

Para determinar la tasa respiratoria se emplea el método de análisis químico volumétrico descrito por AYRES.

### **MATERIALES**

#### **\* REACTIVOS**

- Solución de ácido clorhídrico
- Fenolftaleína
- Agua destilada
- Solución de ácido oxálico (0.05 N)
- Solución de hidróxido de bario ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$  0.1N)
- Solución de hidróxido de sodio (NaOH 0.1 N)
- Solución de hidróxido de potasio (KOH 9%)

#### **\* IMPLEMENTOS**

- Frasco de vidrio de boca ancha con tapa para mantener el producto durante la experiencia (cámara de respiración).
- Dos Erlenmeyer de 250 ml. con tapones de caucho (contiene KOH, trampa para  $\text{CO}_2$ ).
- Pipeta de 10ml.
- Bureta de titulación de 25 ml.
- Probeta de 50, 100 y 500ml.
- Manguera plástica de 0.5 mm de diámetro.
- Tubo de vidrio de 0.5 mm de diámetro.
- Parafina.
- Soporte universal
- Pinzas para bureta

#### **\* EQUIPO**

- Bomba acuario.
- Balanza
- Tubo de Petenkoffer

### **PROCEDIMIENTO**

Se emplea el método de las trampas de hidróxido de potasio el cual consiste básicamente en la reacción química del  $\text{CO}_2$  desprendido en la respiración, con una solución de hidróxido de bario.

- Tome aproximadamente un kilogramo de fruta con 50 % de madurez y tamaño similar, se colocan en la cámara de respiración sellando herméticamente con parafina.

- Se hace el montaje sin conectar el tubo de Petenkoffer, se coloca en funcionamiento durante 30 minutos para eliminar el CO<sub>2</sub> presente en la cámara y conductos. Las dos trampas de hidróxido de potasio se encargan de limpiar el aire que va a circular por la cámara de respiración.
- Se conecta el tubo de Petenkoffer instalado con una inclinación de 20 a 30 grados, el cual contiene 50 ml de Ba (OH)<sub>2</sub> que es la solución encargada de atrapar el CO<sub>2</sub> que desprende la fruta.
- Utilice una pinza que presione la manguera, se gradúa el paso de 13 burbujas de aire en 10 segundos, para evitar el escape del CO<sub>2</sub> en el tubo de Petenkoffer.
- Todo el montaje se deja funcionar durante 30 minutos y luego se desconecte el motor que impulsa el aire que circula por el sistema en el desarrollo de la práctica.
- Se coloca la solución del tubo de Petenkoffer en un Beaker, se enjuaga el tubo con agua destilada y se vierte en el beaker. Se adicionan dos gotas de fenoftaleina y se titula ácido oxálico 0.1 N y se registra el volumen gastado hasta alcanzar el viraje.
- Se hace una titulación a 50 ml de Ba (OH)<sub>2</sub> blanco. Con esto valores se determina la cantidad de CO<sub>2</sub> desprendido por la fruta por medio de la siguiente ecuación.

$$\text{mg CO}_2/\text{kg}^1\text{-hr}^1 = \frac{(V_0 - V_1)\text{ml} * 22 \text{ gr. CO}_2 * 60\text{min.} * N \text{ ácido Oxálico}}{\text{Tiempo de barrido} * \text{peso de la Muestra}}$$

Donde:

V<sub>0</sub>= Volumen de ácido oxálico gastado en la titulación de 50 ml de hidróxido de bario (ml).

V= Volumen de ácido oxálico gastado para titular el hidróxido de bario utilizado en la muestra (ml).

N ácido oxálico= Normalidad del ácido oxálico.

t= Tiempo

de barrido de CO<sub>2</sub> en minutos que funciona todo el sistema.

Peso de la muestra = peso de la fruta en la prueba (kg.).

TR:

Intensidad Respiratoria, mg CO<sub>2</sub>/kg<sup>1</sup>- hr<sup>1</sup>

Muestra de cálculo:

$$\text{mg CO}_2/\text{kg/hr} = \frac{(92.5 - 83.5)22 * 60 * 0.05}{30 * 0.71} = 27.89 \text{ mg CO}_2/\text{kg/hr}$$

La tasa de respiración para el punto determinado es de 27.89 mg CO<sub>2</sub> /kg<sup>1</sup>-hr<sup>1</sup>. Para verificar datos de la tasa respiratoria observar tabla, figura 2 y 4.

Cálculo de la acidez titulable:

Para la determinación de la acidez de la pulpa se utiliza una pipeta graduada, un Beaker y pH metro.

- Tome 5 o 10 gramos de la pulpa y colóquelos en el beaker.
- Adicione la misma cantidad de agua destilada. Mezcle muy bien.
- Adicione hidróxido de sodio 0.1N y lleve hasta un pH de 8.2.
- Realice los cálculos utilizando la siguiente formula:

$$\%acidez = \frac{VolNaOH \times N \times Peq.Ac.citricox100}{1000 \times pesomuestra}$$

Donde:

$V_{ol}$  = Volumen del NaOH gastado en la titulación

N = Normalidad del NaOH: (0.1 eq./litro)

PMA = Peso molecular del ácido predominante (peso molecular del ácido cítrico = 0.064)

P = Peso de la muestra en miligramos:

100 = Factor de conversión

- Muestra de cálculo:

$$\%A.C. = \frac{14.2 \times 0.1 \times 64 \times 100}{5000 \text{ mg}} = 1.82 \%A.C.$$

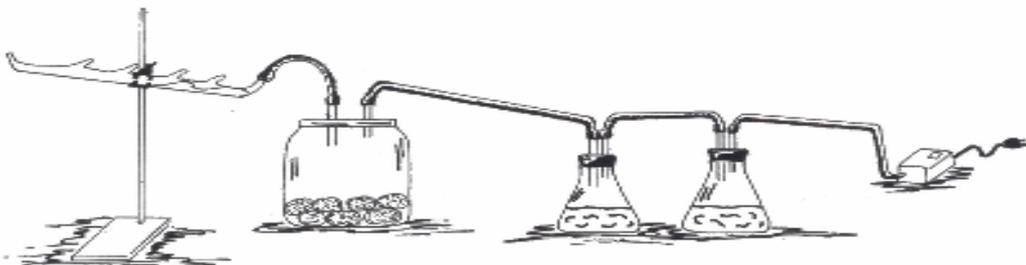


FIGURA 3. Montaje con las trampas de KOH

## Anexo B

### CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LOS FRUTOS

Guía utilizada para determinar volumen y peso (real, específico y teórico)

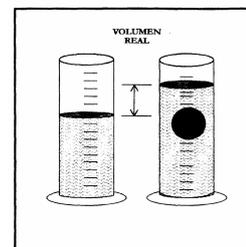
#### **Materiales y equipos**

50 gr. de producto a utilizar

Beaker o probeta graduada

Balanza de precisión con aproximación a 0.01 gr

Calibrador pie de rey.



DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN REAL.  
(Fuente: VILLAMIZAR, F., 1989)

#### **Procedimiento**

- ❖ Limpie y determine la humedad de las muestras
- ❖ Mida 500 ml. de agua en la probeta y sumerja 300 gr (P) del producto.
- ❖ El volumen de agua desalojado corresponde al volumen real (Vr). Hacer tres repeticiones
- ❖ Pese y coloque una muestra del producto en la probeta; mida el volumen ocupado por éste. El dato obtenido representa el volumen aparente (Va). Hacer tres repeticiones con tres pesos diferentes
- ❖ Dimensionar en mm 10 granos de la muestra (largo, ancho, grueso)
- ❖ Hallar el peso individual de los 10 granos
- ❖ Separar y pesar cada una de las partes componentes de los 10 granos (cubierta, endodermo y embrión).

- Determinar peso específico real promedio (Pr)

$$\rho_r = P/V_r \quad \bar{\rho}_r = \sum \rho_r / n$$

- Determinar peso específico aparente promedio (Pa)

$$\rho_a = P/V_a \quad \bar{\rho}_a = \sum \rho_a / n$$

Hallar volumen intersticial de 1000 Kg del producto, teniendo en cuenta valores promedios:

$$V_i = p \left( \frac{1}{\rho_a} - \frac{1}{\rho_r} \right)$$

Hallar porosidad (P) en función del peso específico:

$$P = \left( 1 - \frac{\rho_a}{\rho_r} \right) * 100$$

Hallar el porcentaje (en peso) de las partes componentes de los granos.



## Anexo C. Morfología Y Madurez De Frutas

### MATERIALES Y EQUIPOS

- 15 frutas en diferentes estados de maduración.
- Consistómetro.
- Refractómetro.
- Hidrómetro.
- Potenciómetro.
- Bureta.
- Fenolftaleína.
- Hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 normal.
- Beacker.
- Probeta graduada.
- Calibrador pie de rey.
- Recipientes.
- Balanza de precisión con aproximadamente a 0.01 gr.
- Cuchillos.

### PROCEDIMIENTO

1. Clasifique la totalidad del producto en tres grados de madurez (verde, pintón, maduro) según su color y pese cada fruta. Determine la densidad aparente ( $\rho_a$ ) y la densidad real ( $\rho_r$ ) del producto.
2. Utilizando el penetrómetro, determine la presión que debe ejercerse en tres sitios equidistantes alrededor de cada fruta.
3. Extraer el jugo de las frutas y efectuar lecturas con el refractómetro.
4. Tomar de 100 a 200 cc de jugo y efectuar lecturas con el potenciómetro.
5. Extraer 500 ml de jugo y efectuar lecturas con el hidrómetro.
6. Determinar la acidez por titulación así:  
Tomar 100 gr. de la pulpa de la fruta (W1).  
Mezclar con 10ml y pesarlos (W2) (Ej.: W2= 7.88 gr.)  
Agregar 3 a 4 gotas del indicador fenolftaleína  
Titular con NaOH 0.1 N (Ej.: Vol. gastado – 2.62ml) este procedimiento se hará para cada estado de madurez.
7. Pesar y numerar cada una de las frutas (mínimo 2). A cada fruta separarle sus partes componentes (pericarpio, mesocarpio, endocarpio y semilla) y determinar su peso.

### CÁLCULOS

1. Calcular el tamaño, peso y volumen real promedio del producto.
2. Calcular el volumen teórico promedio ( $\nabla_t$ ) asumiendo forma esférica del producto:

$$\nabla t = \frac{\Pi}{6} * De^3 \quad De = \sqrt[3]{d1 + d2 + d3} \quad (\text{cc})$$

3. Determinar el peso específico real  $\rho_r$

$$\rho_r = \frac{p}{\nabla r} \quad (\text{gr. / cc})$$

4. Determinar el peso específico aparente  $\rho_a$

$$\rho_a = \frac{p}{\nabla a} \quad (\text{gr. / cc})$$

5. Determinar el peso específico teórico  $\rho_t$

$$\rho_t = \frac{p}{\nabla t} \quad (\text{gr. / cc})$$

6. Hallar la porosidad en función del peso específico.  $p$

$$p = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}$$

7. Comparar el peso específico real, con el peso específico teórico:

$$\sqrt{\frac{(s \rho_r)^2}{n} + \frac{(s \rho_t)^2}{n}} \leq [\rho_t - \rho_r]$$

Donde:

- $s \rho_r$  y  $s \rho_t$  : es la desviación estándar para el peso específico real teórico
- $n$ : es el número de individuos

Si la desigualdad es menor, no hay diferencia significativa en tomar cualquier volumen; en caso de ser mayor, si hay diferencia significativa.

8. Volumen intersticial.  $V_i$

$$V_i = P \left[ \frac{1}{\rho_a} - \frac{1}{\rho_r} \right]$$

9. Encontrar la media aritmética de los valores de presión para las frutas en cada estado de madurez.

10. Calcular el valor promedio de las lecturas de PH para cada grado de madurez (con mas de 2 ensayos para cada grado)
11. calcular la acidez expresada como porcentajes de acido cítrico (% Ac) monohidratado por 100 ml de jugo a 100gr del producto, para cada estado de madurez ( ver muestra de calculo adjunta)
12. determinar la relación de madurez (RM)

- Muestra de Calculo:

Peso de fruta (pf) contenido en 10ml de mezcla.

$$\begin{array}{r} 20 \text{ gr. de mezcla} \\ 7.88 \text{ gr. de mezcla} \end{array} \qquad \begin{array}{r} 10 \text{ de fruta} \\ \text{pf} \end{array}$$

$$\text{pf} = 3.94 \text{ gr. de fruta}$$

Miliequivalentes de acido cítrico (Meq A.C.) en pf gramos de fruta

$$\text{Meq A.C.} = (2.62\text{ml}) \cdot (0.1 \text{ N}) = 0.262 \text{ ml}$$

Peso del acido cítrico (pac) en pf gramos de fruta

$$\begin{aligned} \text{Pac} &= (0.262 \text{ ml}) \cdot (0.07 \text{ gr/ml}) \\ \text{Pac} &= 0.01834 \text{ gr. de ácido cítrico} \end{aligned}$$

Luego:

$$\% \text{ Ac} = \frac{100 \text{ gr de fruta} \cdot \text{pac}}{\text{pf}}$$

$$\% \text{Ac} = 0.46\%$$

Determinar la relación de madurez (RM)

$$\text{RM} = \frac{\text{sólidos} \text{ so lubles}}{\% \text{ Ac}}$$

$$\text{RM} = \frac{4.7^\circ \text{ Brix}}{0.46\%} = 10 : 1$$

Determinar el porcentaje en peso de las partes componentes de cada una de las frutas.

Fecha: \_\_\_\_\_

Código: \_\_\_\_\_



**Anexo D.** Formato para el análisis sensorial a nivel de consumidor

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA AGRÍCOLA**

Producto: Mermelada

Fecha:

Pruebe las dos muestras que se le presentan:

Indique cual de las dos muestras prefiere usted.

Prefiero la muestra:

Comentarios: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Nota:** Enjuáguese la boca con agua antes de probar cada muestra

**MUCHAS GRACIAS.**

### Anexo E. Tabla de significancia para prueba de dos muestras

Número de juicios	Prueba de dos colas Nivel de Probabilidad			Prueba de una cola Nivel de probabilidad		
	5%	1%	0.1%	5%	1%	0.1%
5	-	-	-	5	-	-
6	-	-	-	6	-	-
7	7	-	-	7	7	-
8	8	8	-	7	8	-
9	8	9	-	8	9	-
10	9	10	-	9	10	10
11	10	11	11	9	10	11
12	10	11	12	10	11	12
13	11	12	13	10	12	13
14	12	13	14	11	12	13
15	12	13	14	12	13	14
16	13	14	15	12	14	15
17	13	15	16	13	14	16
18	14	15	17	13	15	16
19	15	16	17	14	15	17
20	15	17	18	15	16	18
21	16	17	19	15	17	18
22	17	18	19	16	17	19
23	17	19	20	16	18	20
24	18	19	21	17	19	20
25	18	20	21	18	19	21
26	19	20	22	18	20	22
27	20	21	23	19	20	22
28	20	22	23	19	21	23
29	21	22	24	20	22	24
30	21	23	25	20	22	24
17	22	24	25	21	23	25
32	23	24	26	22	24	26
33	23	25	27	22	24	26
34	24	25	27	23	25	27
35	24	26	28	23	25	27
36	25	27	29	24	26	28
37	25	27	29	24	27	29
38	26	28	30	25	27	29
39	27	28	17	26	28	30
40	27	29	17	26	28	17
41	28	30	32	27	29	17
42	28	30	32	27	29	32
43	29	17	33	28	30	32
44	29	17	34	28	17	33
45	30	32	34	29	17	34
50	33	35	37	32	34	37
60	39	41	44	37	40	43
70	44	47	50	43	46	49
80	50	52	56	48	51	55

\* Número mínimo de juicios coincidente necesario para establecer diferencia significativa.

\*\* Número mínimo de respuestas correctas necesario para establecer diferencia significativa.

Fuente Roesser y col (1956)

**Anexo F. Formato de calificación para jueces semientrenados**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRÍCOLA**

**FORMULARIO DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE MERMELADAS**

NOMBRE DEL EVALUADOR \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Instrucciones. Califique cada una de las muestras según los valores de los factores de calidad establecidos a la izquierda. El puntaje máximo corresponde a la máxima calidad.

FACTOR DE CALIDAD	Puntaje máximo	Muestras		
APARIENCIA	4			
COLOR	4			
SABOR Y AROMA	8			
TEXTURA Y CARÁCTER	4			
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>			

Nota: Enjuáguese la boca con agua antes de probar cada muestra.

**OBSERVACIONES**


Puntaje de los factores de calidad:

**APARIENCIA:** La mermelada debe tener una apariencia uniforme, atractiva a la vista sin defectos tales como: Semillas, pedazos de hojas o tallo; cáscara decolorada o materiales extraños, (partículas oscuras), residuos de insectos que afecten la apariencia del producto.

Califique

4	Uniforme, atractiva a la vista
0 - 3	Pedazos de hojas, tallos, semillas, cáscara o materiales extraños

**COLOR:**

Califique

4	Brillante, uniforme característico de la fruta
0 - 3	Opaco (Turbio), oscuro (pardo), artificial, no uniforme

**AROMA Y SABOR:**

Califique

8	Característico de la fruta, buen balance dulce-ácido
5 - 7	Muy ácido o muy dulce, sabor ligero a caramelo
0 - 4	Fermentado, a moho, amargo

**TEXTURA Y CARÁCTER:**

Carácter es una cantidad razonable distribuida uniformemente

4	Gel firme, con ligera tendencia a fluir; cantidad apropiada de fruta o cáscara de tamaño o distribución uniforme.
3	Gel poco firme, viscoso, escasa o excesiva cantidad de fruta de tamaño algo heterogéneo.
0 - 2	Sinéresis o llorado, cristalización, cuerudo, gomoso con espuma, fruta acumulada en la superficie, dura y colapsada.

**Anexo G.** Factores de conversión para dos a diez observaciones

<b>FACTORES DE CONVERSIÓN PARA DOS A DÍEZ OBSERVACIONES</b>		
<b>Número de Observaciones</b>		<b>Factores de confianza</b>
		<b>Rango</b>
<b>N</b>	<b><math>T_w0.95</math></b>	<b><math>T_w0.99</math></b>
2	6.40	17.83
3	1.30	3.01
4	0.72	1,32
5	0.51	0.84
6	0.40	0.63
7	0.33	0.51
8	0.29	0.43
9	0.26	0.37
10	0.23	0.33
	0.00	0.00

**Fuente:** Dean and Dixon (1951)

## Anexo H. Distribución de Student

**A Denota la suma del área de las dos colas para los valores de t.**

<b>G.L.</b>	<b>A = .1</b>	<b>A = .05</b>	<b>A = .02</b>	<b>A = .01</b>	<b>A = 0</b>
1	6.174	12.706	17.821	63.657	636.61
2	2.920	4.303	6.965	9.925	17.59
3	2.353	3.182	4.541	5.842	12.94
4	2.132	2.776	3.747	4.604	8.61
5	2.045	2.571	3.365	4.032	6.85
6	1.943	2.447	3.143	3.707	5.95
7	1.895	2.365	2.998	3.499	5.40
8	1.860	2.306	2.806	3.355	5.041
9	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	1.782	2.179	2.681	3.055	4.178
13	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	1.753	2.117	2.602	2.947	4.073
16	1.746	2.120	2.583	2.021	4.015
17	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	1.721	2.080	2.518	2.817	3.819
22	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	1.684	2.021	4.243	2.704	3.551
60	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
12	1.658	1.980	2.390	2.617	3.373
<b>X</b>	<b>1.645</b>	<b>1.969</b>	<b>2.326</b>	<b>2.576</b>	<b>3.291</b>

Table B is abridged from table III of R.A. Fisher and F. Yates: "Statistical Tables for Biological, Agricultural, and Medical Research". 146 pp. Oliver & Boyd Ltd., Edinburgh, by permission of the authors, George and publishers (1963). Tomado de Amerine y col (1965)