

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALURGIA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
QUÍMICA**



**“EFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ Y LA CONDICIÓN DE  
ALMACENAMIENTO SOBRE LA CALIDAD FINAL DE LA  
PAPAYA (*Carica papaya* L.) Y COCONA (*Solanum  
sessiliflorum*)”**

**Tesis para optar el Título de**

**INGENIERA QUIMICO**

Presentado por:

**Bach. Nancy QUISPE NAJARRO**

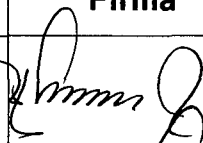
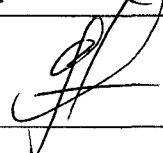
**AYACUCHO – PERÚ**

**2014**

Tesis  
6479  
Qui

**ACTA DE CONFORMIDAD DEL TRABAJO DE TESIS FINAL**  
**CORREGIDO**

Los que suscribimos, miembros del jurado designado para el acto público de sustentación de tesis titulado "**EFFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ Y LA CONDICIÓN DE ALMACENAMIENTO SOBRE LA CALIDAD FINAL DE LA PAPAYA (*Carica papaya L.*) Y COCONA (*Solanum sessiliflorum*)**" presentado por la Bachiller en Ingeniería Química **Nancy QUISPE NAJARRO**, el cual fue sustentado el día 22 de Diciembre del 2014, en mérito a la Resolución Decanal N° 110-2014-FIQM-D, damos la conformidad al trabajo final corregido, aceptando la publicación final de la mencionada tesis y declaramos el documento APTO, para que pueda iniciar sus gestiones administrativas, que conduzcan a la expedición y entrega del Título Profesional de Ingeniera Química.

| Miembros del Jurado                | DNI      | Firma                                                                                 |
|------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Ing° Robert ÁLVAREZ RIVERA         | 28268292 |  |
| Ing° Gabriel Arturo CERRÓN LEANDRO | 28213156 |  |
| Ing° Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA   | 32904170 |  |

## **DEDICATORIA**

A DIOS fuente de vida y sabiduría

A mi querida hija Jade quien me prestó el tiempo que le pertenecía para terminar y me motivó siempre con sus palabras de amor.

A mi esposo, Héctor Rojas, quien me brindó su amor, su cariño, su estímulo y su apoyo constante. Su cariño, comprensión y paciente espera para que pudiera terminar el estudio son evidencia de su gran amor. ¡Gracias!

A mis padres Martha y Ciprian, por su paciencia y sacrificio día a día durante mi formación académica, sin el cual no hubiese sido posible culminar mis objetivos. ¡Gracias!

## **AGRADECIMIENTOS**

- A mi alma mater Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a mis docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, de manera especial a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agroindustrial por su empeño y esfuerzo que me brindaron durante mis estudios.
- Al Ing° Cronwell Eduardo ALARCÓN MUNDACA asesor de la tesis por su apoyo invaluable para la culminación de este trabajo.
- Un agradecimiento especial a los Docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Química por sus enseñanzas y consejos durante mi formación académica en las aulas de la Universidad.
- A mis hermanos, amigos y a todos quienes contribuyeron de una u otra forma en mi formación profesional.

## ÍNDICE GENERAL

|                                                                             | Pág.     |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b>                                                      | <b>1</b> |
| <b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>                                           |          |
| 2.1. LA PAPAYA ( <i>Carica papaya</i> L.)                                   | 4        |
| 2.1.1. Morfología y taxonomía                                               | 4        |
| 2.1.2. Variedades comerciales                                               | 5        |
| 2.1.3. Recolección y madurez                                                | 6        |
| 2.2. LA COCONA ( <i>Solanum sessiliflorum</i> )                             | 7        |
| 2.2.1. Morfología y taxonomía                                               | 7        |
| 2.2.2. Variedades comerciales                                               | 9        |
| 2.2.3. Recolección y madurez                                                | 9        |
| 2.3. POSTCOSECHA DE FRUTAS                                                  |          |
| 2.3.1. Generalidades                                                        | 11       |
| 2.3.2. Características generales de las frutas                              | 12       |
| 2.3.2.1. Son tejidos vivos                                                  | 12       |
| 2.3.2.2. Tienen un alto contenido de humedad                                | 12       |
| 2.3.2.3. Susceptibles a daños patológicos                                   | 13       |
| 2.3.3. Factores internos y externos que actúan en el proceso<br>postcosecha | 13       |
| 2.3.4. Tecnología postcosecha aplicable al control de la deterioración      | 16       |
| 2.3.4.1. Manejo de la temperatura                                           | 17       |
| 2.3.4.2. Control de la humedad relativa                                     | 17       |
| 2.3.4.3. Suplementos al manejo de la temperatura                            | 18       |

|         |                                                   |    |
|---------|---------------------------------------------------|----|
| 2.3.5   | Fisiología de los productos después de cosechados | 18 |
| 2.3.5.1 | Respiración de frutas                             | 18 |
| 2.3.5.2 | Tipos de respiración                              | 20 |
| 2.3.5.3 | Tasas de respiración                              | 22 |
| 2.3.5.4 | Efecto de la temperatura                          | 24 |
| 2.3.5.5 | Disponibilidad de oxígeno                         | 24 |
| 2.3.5.6 | Transpiración                                     | 26 |
| 2.4     | FACTORES QUE AFECTAN LA PERDIDA DE HUMEDAD        | 27 |
| 2.4.1   | Factores inherentes a la fruta                    | 27 |
| 2.4.2   | Factores ambientales                              | 28 |
| 2.5     | REDUCCIÓN DE LA TRANSPIRACIÓN                     | 28 |
| 2.6     | EL PROCESO DE MADURACIÓN EN VEGETALES             | 30 |
| 2.6.1   | Etileno                                           | 31 |
| 2.6.2   | Cambios asociados con la maduración               | 32 |
| 2.6.3   | Color                                             | 32 |
| 2.6.4   | Carbohidratos                                     | 34 |
| 2.6.5   | Ácidos orgánicos                                  | 35 |
| 2.6.6   | Compuestos nitrogenados                           | 35 |
| 2.6.7   | Aroma                                             | 35 |
| 2.7     | MANEJO POSTCOSECHA DE LA PAPAYA                   | 36 |
| 2.8     | MANEJO POSTCOSECHA DE LA COCONA                   | 37 |
| 2.9     | EL ENCERADO                                       | 39 |
| 2.9.1   | Las ceras                                         | 39 |
| 2.9.2   | Propiedades físicas y químicas de las ceras       | 39 |

|         |                                                  |    |
|---------|--------------------------------------------------|----|
| 2.9.3   | Tipos de ceras                                   | 40 |
| 2.9.3.1 | Ceras naturales                                  | 40 |
| 2.9.3.2 | Ceras sintéticas                                 | 40 |
| 2.9.4   | Descripción de la técnica del encerado en frutas | 41 |
| 2.9.5   | Aplicación del encerado                          | 42 |
| 2.9.6   | Beneficio del encerado en frutas                 | 43 |

### **III MATERIALES Y MÉTODOS**

|       |                                                |    |
|-------|------------------------------------------------|----|
| 3.1.  | MATERIALES                                     | 44 |
| 3.1.1 | Materia prima y otros                          | 44 |
| 3.1.2 | Reactivos e insumos                            | 44 |
| 3.1.3 | Materiales de laboratorio                      | 45 |
| 3.1.4 | Equipos e instrumentos                         | 45 |
| 3.2   | MÉTODOS DE ANÁLISIS                            | 45 |
| 3.2.1 | Determinación de humedad                       | 45 |
| 3.2.2 | Determinación de sólidos solubles              | 45 |
| 3.2.3 | Determinación de acidez titulable              | 45 |
| 3.2.4 | Determinación de variación de peso             | 45 |
| 3.2.5 | Determinación del déficit de presión de vapor  | 46 |
| 3.2.6 | Determinación cuantitativa de vitamina C       | 46 |
| 3.3   | METODOLOGÍA EXPERIMENTAL                       | 46 |
| 3.3.1 | Diagrama de flujo experimental                 | 47 |
| 3.3.2 | Descripción del diagrama de flujo experimental | 47 |
| 3.3.3 | Esquema experimental                           | 49 |

|            |                                                                                                                                |     |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.3.4      | Diseño estadístico                                                                                                             | 49  |
| <b>IV</b>  | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>                                                                                                  |     |
| 4.1        | CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA                                                                                            | 52  |
| 4.1.1      | Determinaciones físicas                                                                                                        | 52  |
| 4.1.2      | Composición fisicoquímica de la papaya y cocona                                                                                | 53  |
| 4.2        | EFFECTO DEL ESTADO DE LA FRUTA, CONDICIÓN Y<br>TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LA PÉRDIDA DE<br>DE PESO Y SÓLIDOS SOLUBLES (°BRIX) | 55  |
| 4.2.1      | En la cocona                                                                                                                   | 55  |
| 4.2.2      | En la papaya                                                                                                                   | 64  |
| 4.3        | ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN<br>COCONAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO                                               | 73  |
| 4.3.1      | Variación de la pérdida de peso                                                                                                | 73  |
| 4.3.2      | Variación de los sólidos solubles (°Brix)                                                                                      | 77  |
| 4.3.3      | Variación de la acidez titulable                                                                                               | 80  |
| 4.4        | ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN<br>PAPAYAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO                                               | 82  |
| 4.4.1      | Variación de la pérdida de peso                                                                                                | 82  |
| 4.4.2      | Variación de los sólidos solubles (°Brix)                                                                                      | 85  |
| 4.4.3      | Variación de la acidez titulable                                                                                               | 88  |
| <b>V</b>   | <b>CONCLUSIONES</b>                                                                                                            | 94  |
| <b>VI</b>  | <b>RECOMENDACIONES</b>                                                                                                         | 95  |
| <b>VII</b> | <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                                                                                              | 96  |
|            | <b>ANEXOS</b>                                                                                                                  | 101 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                               | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 2.1 Fruto de la papaya                                                                                                 | 6    |
| Figura 2.2 Fruto de la cocona                                                                                                 | 7    |
| Figura 2.3 Sección transversal de frutos de cocona                                                                            | 8    |
| Figura 2.4 Representación gráfica de la respiración climatérica                                                               | 21   |
| Figura 2.5 Representación gráfica de la respiración no climatérica                                                            | 22   |
| Figura 2.6 Diagrama esquemático de la respiración de las frutas                                                               | 25   |
| Figura 2.7 Pérdidas de peso en peras almacenadas a 0°C                                                                        | 29   |
| Figura 2.8 Producción de etileno de la papaya según temperatura                                                               | 32   |
| Figura 3.1 Diagrama de flujo empelado en el experimento                                                                       | 47   |
| Figura 3.2 Esquema experimental para evaluar los tratamientos<br>en estudio                                                   | 49   |
| Figura 4.1 Pérdidas de peso de las coconas verdes a diferentes<br>condiciones de almacenamiento                               | 74   |
| Figura 4.2 Pérdidas de peso de las coconas pintonas a<br>diferentes condiciones de almacenamiento                             | 74   |
| Figura 4.3 Pérdidas de peso de las coconas maduras a<br>diferentes condiciones de almacenamiento                              | 75   |
| Figura 4.4 Variación de pérdidas de peso de las coconas según estado<br>de madurez a diferentes condiciones de almacenamiento | 77   |
| Figura 4.5 Variación de °Brix en coconas verdes a diferentes<br>Condiciones de almacenamiento                                 | 79   |

|             |                                                                                                                       |    |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4.6  | Variación de °Brix en coconas pintonas a diferentes<br>Condiciones de almacenamiento                                  | 79 |
| Figura 4.7  | Variación de °Brix en coconas maduras a diferentes<br>Condiciones de almacenamiento                                   | 80 |
| Figura 4.8  | Variación de la acidez titulable en coconas verdes a diferentes<br>condiciones de almacenamiento                      | 81 |
| Figura 4.9  | Variación de la acidez titulable en coconas pintonas a<br>Diferentes condiciones de almacenamiento                    | 81 |
| Figura 4.10 | Variación de la acidez titulable en coconas maduras a<br>Diferentes condiciones de almacenamiento                     | 82 |
| Figura 4.11 | Pérdidas de peso de las papayas verdes a diferentes<br>Condiciones de almacenamiento                                  | 79 |
| Figura 4.12 | Pérdidas de peso de las papayas pintonas a diferentes<br>Condiciones de almacenamiento                                | 84 |
| Figura 4.13 | Pérdidas de peso de las papayas maduras a diferentes<br>Condiciones de almacenamiento                                 | 84 |
| Figura 4.14 | Variación de pérdidas de peso de las papayas según<br>Estado de madurez a diferentes condiciones de<br>almacenamiento | 85 |
| Figura 4.15 | Variación de °Brix en papayas verdes a diferentes<br>condiciones de almacenamiento                                    | 86 |
| Figura 4.16 | Variación de °Brix en papayas pintonas a diferentes<br>condiciones de almacenamiento                                  | 87 |
| Figura 4.17 | Variación de °Brix en papayas maduras a diferentes                                                                    |    |

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| condiciones de almacenamiento                                                                                  | 87 |
| Figura 4.18 Variación de la acidez titulable en papayas verdes a<br>Diferentes condiciones de almacenamiento   | 89 |
| Figura 4.19 Variación de la acidez titulable en papayas pintonas a<br>diferentes condiciones de almacenamiento | 90 |
| Figura 4.20 Variación de la acidez titulable en papayas maduras a<br>diferentes condiciones de almacenamiento  | 90 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|            |                                                                                                                 | <b>Pág.</b> |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Cuadro 2.1 | Variedades y características de papayas                                                                         | 5           |
| Cuadro 2.2 | Clasificación de algunas frutas y hortalizas de acuerdo a su<br>perecibilidad                                   | 12          |
| Cuadro 2.3 | Tasa de respiración según temperatura para algunas frutas                                                       | 23          |
| Cuadro 2.4 | Clasificación de productos perecibles de acuerdo con la<br>Tasa respiratoria a 0°C                              | 24          |
| Cuadro 2.5 | Clasificación de algunos frutos comestibles de acuerdo a su<br>patrón respiratorio                              | 25          |
| Cuadro 4.1 | Características físicas promedio de la papaya y cocona                                                          | 53          |
| Cuadro 4.2 | Composición fisicoquímica de la papaya y cocona                                                                 | 54          |
| Cuadro 4.3 | Valores promedio de pérdida de peso, °Brix y acidez<br>titulable de la cocona según los tratamientos en estudio | 55          |
| Cuadro 4.4 | Análisis de varianza para la pérdida de peso de la<br>Cocona de los tratamientos en estudio                     | 57          |
| Cuadro 4.5 | Prueba de Tukey de la pérdida de peso para el estado de<br>madurez de la cocona                                 | 58          |
| Cuadro 4.6 | Prueba de Tukey de la pérdida de peso para la condición<br>de almacenamiento de la cocona                       | 59          |
| Cuadro 4.7 | Análisis de varianza para los sólidos solubles de la<br>cocona de los tratamientos en estudio                   | 60          |
| Cuadro 4.8 | Prueba de Tukey de la variación de sólidos solubles para el                                                     |             |

|             |                                                                                                                    |    |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|             | Estado de madurez de la cocona                                                                                     | 61 |
| Cuadro 4.9  | Prueba de Tukey de la variación de sólidos solubles para la<br>Condición de almacenamiento de la cocona.           | 61 |
| Cuadro 4.10 | Análisis de varianza para acidez titulable de la cocona de<br>Los tratamientos en estudio (Nivel de confianza 95%) | 63 |
| Cuadro 4.11 | Prueba de Tukey de la variación de acidez titulable para los<br>estados de madurez de la cocona                    | 63 |
| Cuadro 4.12 | Prueba de Tukey de la variación de acidez titulable para la<br>condición de almacenamiento de la cocona            | 64 |
| Cuadro 4.13 | Valores promedio de pérdida de peso, °Brix y acidez titulabl<br>e de la papaya según los tratamientos en estudio   | 65 |
| Cuadro 4.14 | Análisis de varianza para la pérdida de peso de la papaya<br>de los tratamientos en estudio                        | 67 |
| Cuadro 4.15 | Prueba de Tukey de la pérdida de peso para el estado de<br>madurez papaya                                          | 68 |
| Cuadro 4.16 | Prueba de Tuckey de la pérdida de peso para la condición<br>de almacenamiento de la papaya                         | 69 |
| Cuadro 4.17 | Análisis de varianza para los sólidos solubles de la papaya<br>de los tratamientos en estudio                      | 70 |
| Cuadro 4.18 | Prueba de Tuckey para la variación de sólidos solubles<br>para los estados de madurez de la papaya                 | 71 |
| Cuadro 4.19 | Prueba de Tuckey para la variación de sólidos solubles<br>para la condición de almacenamiento de la papaya         | 71 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                                       | <b>Pág.</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Anexo 1 Relación entre la temperatura, humedad relativa, presión de vapor déficit de presión de vapor | 102         |
| Anexo 2 Resumen fotográfico del trabajo de investigación                                              | 103         |

## I. INTRODUCCIÓN

Las pérdidas, en cantidad y calidad, a la que los productos hortofrutícolas están expuestos entre el período de recolección y su consumo son muy importantes. Se estima que las pérdidas en poscosecha de frutas frescas y verduras están entre un 5 y 25% en países desarrollados, y entre un 20 y un 50% en países en vías de desarrollo, dependiendo del tipo de producto. Para reducir estas pérdidas, es necesario entender: (1) los factores biológicos y medioambientales relacionados con su deterioro y (2) el uso de tecnologías poscosecha que retrasen la senescencia y mantengan la calidad del producto lo mejor posible. Pérez Gago, *et al.*, 2012).

De los factores causantes arriba mencionados los cambios fisiológicos en los productos es el más importante por lo que se debe conocer su comportamiento a fin de plantear alternativas tecnológicas de un buen manejo poscosecha que permita inhibir o retardar estos cambios.

El proceso de maduración de los frutos desde la cosecha se ve afectado por factores externos como temperatura, humedad relativa entre otros, dependiendo de las características fisicoquímicas y tratamientos que reciban durante su almacenaje como: estado de madurez en el momento de la cosecha, tasa de respiración (fruto climatérico y fruto no climatérico), tamaño, forma y velocidad de transpiración o pérdida de agua.

Los frutos como papaya y cocona tienen propiedades nutricionales y terapéuticas y con altos niveles de consumo por parte de la población que en

nuestro país se producen, sus cosechas se realizan por estaciones, es decir, existen meses durante el año que se manifiesta abundancias con precios bajos y en otros casos se presenta escasez con altos precios; en este sentido es necesario plantear alternativas de manejo poscosecha a fin de preservar estos frutos para tener un abastecimiento normal con todas sus cualidades y exigencias del consumidor.



## OBJETIVOS

### Objetivo general

- Evaluar el efecto del estado de madurez y las condiciones de almacenamiento sobre la calidad final de la papaya (*Carica papaya* L.) y cocona (*Solanum sessiliflorum*.)

### Objetivos específicos

- Determinar el estado óptimo de madurez bajo tres condiciones de almacenamiento (refrigeración, tecnopor – cera y tecnopor) de la papaya y cocona.
- Evaluar la influencia de los niveles de pérdida de peso, sólidos solubles y acidez titulable de los tres estados de madurez bajo tres condiciones de almacenamiento de la papaya y cocona.

## **II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA**

### **2.1 LA PAPAYA (*Carica papaya* L.)**

#### **2.1.1 Morfología y taxonomía**

Según la Enciclopedia Microsoft Encarta (2001), el árbol de la papaya es originario de las regiones tropicales del continente americano. La papaya es una baya de forma globosa oblonga que logra alcanzar casi siempre el tamaño grande, pesando hasta 3 kilogramos. Su capa externa es de color verde y amarillento de aspecto brillante, superficie lisa y suave al tacto, de sabor amargo; después viene una parte carnosa y dura de color amarillo y regular grosor y que constituye el endocarpio. Su carne muy jugosa, puede ser de tonos rojizos o anaranjados y su sabor es muy agradable. En su interior se encuentran numerosas semillas de color negro-grisáceo. Se conoce como 'fruta noble' por sus propiedades antiácidas y es ideal en el desayuno (siempre que se le añada un poco de limón).

Según Berlinjn (1990), la papaya es el fruto proveniente de:

Familia : Caricáceas  
Orden : Parietales  
Género : Carica  
Especie : papaya  
Nombre científico: Carica papaya L.

### 2.1.2 Variedades comerciales

Calzada (1988), mencionan que debido a que el papayo se produce por semilla, se han desarrollado un gran número de variedades, empleándose en cada zona de cultivo las mejores adaptadas a sus condiciones climatológicas. Las variedades mestizas son poco estables, y se recomienda tener cuidado en obtener semillas de progenitores que pertenezcan a la variedad. Según las variedades presentan diferentes características entre si como de peso, tamaño y grosor de la pulpa; como se muestra en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1: Variedades y características de papayas

| VARIEDADES   | Peso promedio<br>(Kg.) | Tamaño<br>(cm) | Grosor de la<br>pulpa<br>(cm) |
|--------------|------------------------|----------------|-------------------------------|
| Tailandia    | 3.7                    | 30.0           | 3.5                           |
| Pauna        | 2.5                    | 23.5           | 3.2                           |
| Criolla      | 1.5                    | 20.5           | 2.2                           |
| Maradol Rojo | 2.5                    | 20.0           | 4.0                           |
| Sólo Hawai   | 0.45                   | 12.0           | 2.5                           |

Fuente: [www.botanical-online.com/papayas](http://www.botanical-online.com/papayas)

### 2.1.3 Recolección y madurez

Infoagro (2002), informa que anualmente un papayo produce unos cincuenta frutos, de los que se deben dejar para cosechar en plena madurez unos veinte y coger los restantes aún verdes. El estado de recolección se alcanza cuando los frutos empiezan a ablandarse y a perder el color verde del ápice, la madurez se alcanzará a los 4 o 5 días de la recolección y los frutos tomarán un color amarillo. Debido a su piel delgada, se trata de frutos muy delicados por lo que se magullan fácilmente. Por ello se deben envolver individualmente y empacarse con acolchado por todos los lados para su transporte y comercialización. Se deben mantener durante cortos periodos de tiempo a 10-12 °C.

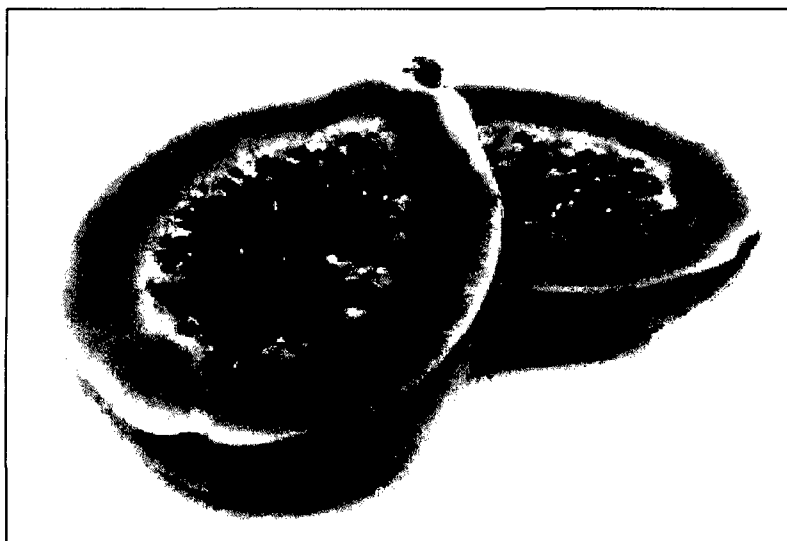


Figura 2.1. Fruto de la papaya

## 2.2 LA COCONA (*Solanum sessiliflorum*)

### 2.2.1 Morfología y taxonomía

La cocona (*Solanum sessiliflorum*), es una planta de crecimiento rápido que alcanza hasta dos metros de altura, al inicio es herbácea y después se torna semileñosa, El tallo es cilíndrico, grisáceo, con abundante pubescencia dura y ramifica desde cerca del suelo. Las hojas son ovaladas, grandes, de ápice aguso, de bordes sinuados y de lóbulos acuminados y triangulares irregulares con un lado de lámina más alto que el otro; sus dimensiones se encuentran entre los 30 y 50 cm de largo y entre los 20 y 30 cm de ancho. La cara superior de la hoja está cubierta de pelos duros y blancuzcos, con algunos estrellados; mientras que en el lado inferior la pubescencia es suave y estrellada (Villachica, 1996).



Figura 2.2: Fruto de la cocona

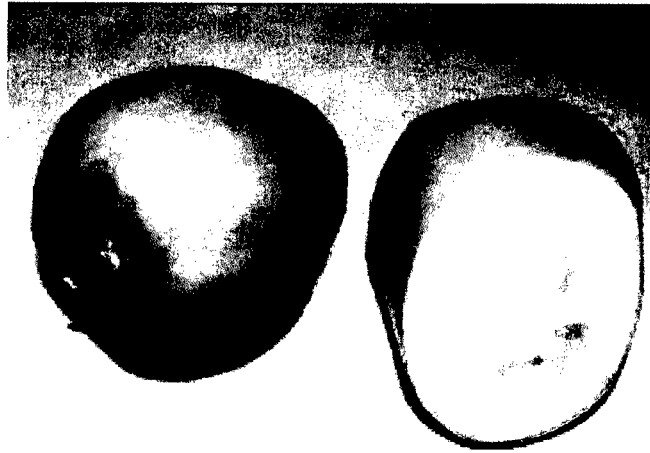


Figura 2.3: Sección transversal de frutos de cocona.

Calzada (1988) nos menciona la siguiente clasificación taxonómica de la cocona:

|          |                                |
|----------|--------------------------------|
| Reino    | : Vegetal                      |
| División | : Espermatofitas               |
| Clase    | : Angiospermas                 |
| Subclase | : Dicotiledónea                |
| Familia  | : Solanácea                    |
| Género   | : Solanum                      |
| Especie  | : <i>Solanum sessiliflorum</i> |

### **2.2.2. Variedades comerciales**

En el Perú, se distinguen 4 tipos:

- a) pequeñas, de color rojo-morado,
- b) medio, de color amarillo,
- c) redonda, semejante a una manzana, de color amarillo;
- d) en forma de pera.

El tamaño medio de la cocona es de mayor demanda en el Perú y en especial para jugo.

La División de Ciencias Agronómicas de Instituto de Investigación Agrícola de la Amazonia, hizo una colección de 35 cepas de cocona de Belem do Pará, Brasil, e Iquitos, Perú, y estableció un bloque experimental de 149 plantas en pura arena para la evaluación. El rango de variación de plántulas coconas indicó que representan una gran reserva de caracteres que se utilizarán en la mejora de los cultivos, para aumentar la resistencia de nematodos, reducir el conteo de semillas, y aumentar la dulzura. (Barrera *et al.*, 1999)

### **2.2.3. Características del fruto de cocona**

El fruto varía desde casi esférico u ovoide hasta ovalado, con 4 a 12 cm de ancho y 3 a 6 cm de largo, peso entre 24 y 250 g, variando el porcentaje de jugo entre 18% y 28%, color desde amarillo hasta rojizo. Los frutos de color amarillo normalmente están cubiertos de pubescencia blancuzca, fina y suelta, los cuales son mucho menos notorios en los frutos de color rojizo. La cáscara es suave y rodea la pulpa o mesocarpio, grueso amarillo y acuoso. Las cuatro

celdas están llenas de semilla, envueltas en un mucílago claro. Tiene fragancia y sabor especial (ligeramente ácido, sin dulce). La semilla es parecida a la del tomate, (Calzada, 1988).

Análisis realizados por el Instituto Nacional de Nutrición del Ministerio de Salud, demuestran que la cocona es rica en hierro (aprox. 1,50 mg en 100 g de pulpa), y vitamina B<sub>5</sub> o niacina (2,3 mg en 100 g de pulpa).

### **2.2.3 Recolección y madurez**

Durante el final del ciclo de desarrollo del fruto de cocona se genera el proceso de maduración, en el cual el nivel de firmeza disminuye, como resultado del aflojamiento de la estructura celulósica fibrilar; en éste estado las células se vuelven redondas y tienden a disociarse debido a los cambios en el grosor de la pared celular y la degradación de hidratos de carbono poliméricos como la hemicelulosa, dichas modificaciones debilitan las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen unidas unas célula a otras.

La maduración de los frutos de cocona coincide también con los cambios en la coloración tanto de la pulpa como de la corteza, la cual desarrolla tonalidades verde intenso, visos amarillos y finalmente marrón claro. La pérdida de color verde es consecuencia de la degradación de la clorofila y al desenmascaramiento de pigmentos como carotenos y xantofilas. Internamente la pulpa sufre cambios de coloración que se



manifiestan en una pigmentación amarilla alrededor del primordio seminal. Por su parte, la semilla durante este proceso se recubre de una testa dura y los arilos se hacen más jugosos. (Barrera, 2000).

## **2.3 POSTCOSECHA DE FRUTAS**

### **2.3.1 Generalidades**

Aragón (1984), manifiesta que las frutas presenta una serie de características que dan un buen indicativo de su comportamiento pre o postcosecha. La ignorancia o subestimación de ellas conllevan al manejo inadecuado, responsable de altos niveles de pérdidas de productos. Los daños físicos, son en mayor grado los principales agentes causales del deterioro de las frutas y hortalizas.

Desde un punto de vista práctico un producto muy perecedero puede dañarse para la venta comercial en pocas horas o días bajo condiciones ambientales (26°C, 70% H.R.), un producto medianamente perecedero puede dañarse en varios días (plátano, papaya) o incluso varias semanas (uvas, piña, limón) y los vegetales poco perecederos pueden durar varias semanas (batata, naranja) o meses (melón, ajo, cebolla, papa).

Cuadro 2.2: Clasificación de algunas frutas y hortalizas de acuerdo a su perecibilidad

| <b>MUY PERECEDEROS</b> | <b>MEDIANAMENTE PERECEDEROS</b> | <b>POCO PERECEDEROS</b> |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Lechuga                | zanahoria                       | ajo                     |
| Brócoli                | pimentón                        | cebolla                 |
| Coliflor               | tomate                          | papa                    |
| Pepino                 | remolacha                       | patilla                 |
| Vainitas               | mango                           | melón honey             |
| Berro                  | piña                            | batata                  |
| alcachofa              | papaya                          | cocona                  |
| Repollo                | plátano                         | naranjas                |
| espárragos             | melón reticulado                | manzana                 |

Fuente: Aragón (1984)

## 2.3.2 Características generales de las frutas

### 2.3.2.1 Son tejidos vivos

Monteiro (1993), las frutas están sujetos a cambios continuos después de cosechados. Muchos son indeseables, otros deseables y no deben ser detenidos completamente. Como tejidos vivos que son, son susceptibles a morir.

### 2.3.2.2 Tienen un alto contenido de humedad

Duarte Urías (1992), afirma que en muchos casos, la humedad es superior al 90% (lechuga). Se puede afirmar que al comprar frutas y hortalizas se adquiere mayormente agua en empaques atractivos.

Este alto nivel de agua determina que sean afectados por desecación, al estar expuestos a ambientes de una menor humedad relativa, con la consiguiente pérdida de apariencia y calidad. Además los hace muy succulentos y susceptibles a sufrir daños mecánicos.

#### **2.3.2.3 Susceptibles a daños patológicos**

Arévalo (1993), menciona que todas las frutas pueden ser potencialmente atacadas por las esporas de los microorganismos, que frecuentemente existen en el aire. Además poseen una puerta de entrada a microorganismos en el punto donde el fruto u hortaliza estuvo unido a la planta que le dio origen.

### **2.3.3 Factores internos y externos que actúan en el proceso postcosecha**

#### **2.3.3.1 Factores internos**

##### **Catabolismo general**

Kader (1979) explica que el catabolismo tiene influencia sobre los cambios deteriorativos. Como todos los vegetales respiran, por consiguiente son afectados por este proceso. Igualmente son influidos por reacciones de senescencia. Entendiéndose por ello al proceso coordinado asociado con envejecimiento, relacionado a pérdidas de estructura y función terminando en la muerte del tejido.

##### **Cambios composicionales**

Monteiro (1993), manifiesta que las principales transformaciones químicas de interés comercial durante la maduración se presenta a nivel de:

- Carbohidratos

- Ácidos orgánicos
- Pigmentos
- Compuestos fenólicos
- Compuestos volátiles

Kader (1979), menciona que la mayoría de cambios bioquímicos que ocurren en frutas después de la cosecha se desarrolla en carbohidratos. Los almidones son convertidos en azúcares, por hidrólisis y es deseable en la maduración de las frutas.

Fennema (1985), menciona que la solubilización de compuestos pépticos (protopectinas) a ácidos pépticos (formas más solubles) es de gran parte responsable de los procesos de ablandamiento. Por otro lado Arriola et al (1975), afirman que frutos como las papayas presentaron un aumento en el contenido de pectinas solubles en agua y un decrecimiento en el contenido de protopectinas cuando los frutos fueron madurando.

### **Transpiración o pérdida de agua**

La pérdida de agua es una de las principales causas de deterioración por cuanto se traduce en pérdida de peso, textura y apariencia, debido a flacidez y pérdida de turgencia.

### **Daños fisiológicos**

Hay ciertas condiciones ambientales que alteran el metabolismo normal de las plantas, ocasionando daños fisiológicos no atribuibles a agentes patogénicos, entre ellos según Vinicio Sáenz (1988) tenemos:

**Bajos niveles de oxígeno** o elevados de CO<sub>2</sub> pueden ocasionar daños en todas las frutas y hortalizas.

**Desbalance nutricional** de algunos elementos en el campo, tal como déficit de calcio pueden ocasionar podredumbre apical en tomate y patilla.

**Daño por frío:** ocurre cuando los productos tropicales o subtropicales son sometidos a temperaturas inferiores a 10 °C, pero superiores a su temperatura de congelación. Estos daños ocasionan en las frutas y hortalizas: decoloración interna o externa del fruto, áreas húmedas hundidas, maduración irregular, sabores indeseables e incrementada susceptibilidad a ataques patogénicos.

#### **2.3.3.2 Factores externos ( ambientales)**

Erikson y Yamashita, (1964) mencionan que los principales factores ambientales en el proceso de poscosecha son:

##### **Temperatura**

Es el factor ambiental más importante que influye la velocidad de deterioración del producto cosechado.

Por cada incremento de 10 °C sobre una temperatura óptima, la velocidad de deterioración se incrementa 2 o 3 veces. Por esta razón la refrigeración es una de las principales herramientas disponibles para prolongar la vida utilizable de un vegetal.

La temperatura óptima de almacenamiento es de:

10-13°C para papayas parcialmente maduras.

### **Humedad relativa**

La velocidad de pérdida de agua de frutas y hortalizas depende de la diferencia de presión de vapor entre el producto y el aire alrededor del mismo, la cual está influenciada por la temperatura y la humedad relativa (HR). A una temperatura dada, la velocidad de pérdida de agua desde el producto dependerá de la H.R. Y a una H.R. dada, la pérdida se incrementará con el aumento de temperatura

### **Composición atmosférica**

La reducción de oxígeno y elevación de los niveles de CO<sub>2</sub> intencionadas (atmósferas modificadas o no), puede tener grandes efectos beneficiosos o perjudiciales sobre la deterioración. La magnitud de estos efectos dependerá del tipo de producto, cultivar, edad fisiológica, niveles de oxígeno y dióxido de carbono, temperatura y tiempo de almacenamiento.

### **Etileno**

Es una hormona vegetal y uno de los compuestos orgánicos más sencillos que puede tener un gran efecto sobre los procesos biológicos de las plantas. Es un producto natural de su metabolismo y es producido por todos los tejidos de las plantas superiores y por algunos microorganismos.

Es considerado una hormona natural del envejecimiento y la maduración, siendo fisiológicamente activo en cantidades muy pequeñas (0,1 p.p.m.) su efecto suele ser deseable (para acelerar y uniformizar la maduración de frutos climatéricos) o indeseables (zanahoria, hortaliza de hoja, flores).

## **Luz**

Su acción sobre algunos productos almacenados puede ser perjudicial. Así, su acción sobre tubérculos de papa en el campo o almacén conlleva a la formación de clorofila (afecta a la apariencia del producto fresco) y/o solanina (tóxico a los humanos).

### **2.3.4 Tecnología postcosecha aplicable al control de la deterioración**

Vidigal de Castro (1986), describe que los factores externos, por ser más fácilmente modificables son los que generalmente se manipulan con el objetivo de controlar la deterioración y aumentar la vida útil de frutas y hortalizas y son los siguientes:

#### **2.3.4.1 Manejo de la temperatura**

Es la principal herramienta para aumentar la vida útil de los productos cosechados. Un manejo adecuado de la temperatura debe comenzar con la rápida remoción del calor de campo, usando algunos de los siguientes métodos: preenfriamiento por agua, preenfriamiento por hielo, enfriamiento por aire, etc.

#### **2.3.4.2 Control de la humedad relativa**

La Humedad Relativa puede influir pérdidas de agua, desarrollo de infecciones, incidencia de desordenes fisiológicos y uniformidad de maduración.

En general una H.R. de 85 – 95% es adecuada para frutas y 90-98% para hortalizas (excepto ajos y cebollas secas). Algunas raíces se almacenan bien a 95-100%.

#### **2.3.4.3 Suplementos al manejo de la temperatura**

Muchos procesos tecnológicos pueden usarse como suplemento al manejo adecuado de la temperatura. Ninguno de ellos, sólo o combinados puede sustituir el mantenimiento de una adecuada temperatura y humedad relativa para extender la vida útil a los productos frescos. Ellos pueden contribuir a extender la vida en almacenamiento más allá de lo que podría lograrse usando sólo refrigeración.

Estos suplementos aplicados al producto incluyen:

Limpieza: para remover el exceso de humedad en la superficie del producto

Uso de ceras y/o cobertores.

Tratamientos térmicos.

Uso de fungicidas postcosecha.

Uso de inhibidores de brotación y grelación.

Tratamientos químicos (aspersiones de soluciones a base de calcio).

Fumigación para el control de insectos.

#### **2.3.5 Fisiología de los productos después de cosechados**

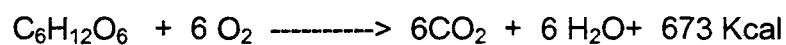
##### **2.3.5.1 Respiración**

Monteiro (1993) menciona que el proceso de respiración reviste una singular importancia en el manejo de frutas y hortalizas luego de cosechados debido a su efecto directo sobre la reducción de la vida utilizable de los vegetales.

Medlicott (1986), define a la respiración como un proceso catabólico, que en las plantas envuelve la oxidación enzimática de azúcares a dióxido de carbono



(CO<sub>2</sub>) y agua, acompañado por una liberación de energía. Sin embargo, otras sustancias tales como ácidos orgánicos y proteínas también entran en la cadena respiratoria. Para la pérdida de estas reservas alimenticias almacenadas por las plantas es de mucho interés, al igual que la necesidad de oxígeno (O<sub>2</sub>), producción de CO<sub>2</sub> y energía liberada. El agua producida en este proceso es pérdida de peso en el contexto del manejo postcosecha.



Esta ecuación (inversa a la fotosíntesis) nos indica que por la combustión de una hexosa en presencia de 6 moles de oxígeno se producen 6 moles de CO<sub>2</sub>, 6 de agua y se liberan 673 Kcal.

Biale (1960) menciona que es muy importante conocer la velocidad de respiración para cada producto y la temperatura por cuanto nos dará información sobre:

- ✓ Sustrato oxidado, determinando pérdida de alimento y peso vendible.
- ✓ Consumo de oxígeno y producción de CO<sub>2</sub>, que puede tener efecto sobre los productos almacenados.
- ✓ Además evidencian la necesidad de reemplazar el oxígeno consumido y remover el CO<sub>2</sub> producido en el almacén.
- ✓ Producción de calor, que debe ser removido. Este calor es uno de los que debe ser incluido en el cálculo de los requerimientos de refrigeración de un producto en almacén.

Kader (1979), afirma que la respiración es el principal factor biológico responsable de deterioración. En general, los productos que tienen una mayor velocidad de respiración (brócoli, por ejemplo) se deterioran más rápido que aquellos con bajas velocidades (cebolla, por ejemplo). La mayor parte de los controles aplicados en postcosecha se dirigen a reducir la velocidad de respiración, con el consecuente aumento de la vida utilizable del producto.

#### **2.3.5.2 Tipos de respiración**

Biale (1960), afirmó que conforme al tipo de respiración que los frutos presentan, ellos pueden ser clasificadas en dos grupos distintos: climatéricos o no climatéricos.

##### **➤ Climatéricos**

Muchos frutos, cuando están en un estado adecuado de desarrollo, mas aun no están aptos para consumo (madurez fisiológica), pueden ser cosechados y dejados para su maduración fuera de la planta.

Kidd & West (1984) descubrieron en las manzanas y en otros frutos, que después de la cosecha, aún acentuaron sus tasas de respiración hasta que alcanzaron un punto máximo, cuando entonces, comenzaban a decrecer nuevamente, este estado de madurez manifestado correspondía a la “madurez comercial”.

De acuerdo con Aragón (1984), se observa en la figura 2.4, que la curva del comportamiento de respiración climatérica de frutas está constituida de tres partes bien definidas:

Primera (A – B), denominado “pre-climatérico” y representa la velocidad de respiración correspondiente a la etapa de madurez fisiológica, o sea en el momento que la fruta puede ser cosechada. La segunda (B – C), describe un aumento notable en la actividad respiratoria hasta que se alcanza un valor máximo (C), denominada “ascenso climatérico” y es donde se dan los cambios más importantes de maduración de las frutas. El ápice (C) es conocido como “pico climatérico” y es en este punto que la gran mayoría de las frutas alcanza su madurez comercial. Finalmente se observa un decrecimiento en la actividad respiratoria (C – D) que es conocido como “pos-climatérico”. En esta etapa, se inician los procesos de senescencia y muerte de los frutos. Como ejemplos de frutas tenemos: manzana, papaya, mango plátano, palta, maracuyá, etc.

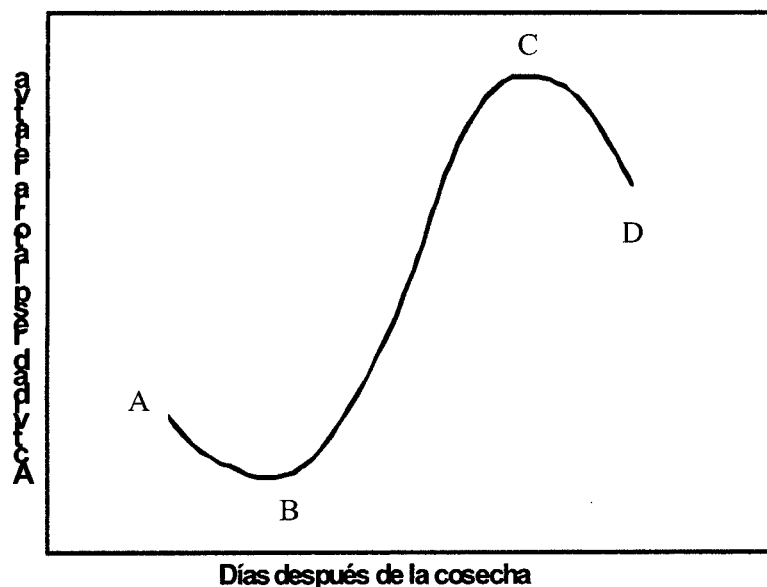


Figura 2.4: Representación gráfica de la respiración climatérica

➤ **No climatéricos**

De acuerdo con Aragón et al (1984), en este tipo de respiración se encuentran algunos frutos que presentan un continuo decrecimiento en sus tasas de respiración durante el crecimiento y después de la cosecha independientemente del estadio de desarrollo en que fueron cogidos. Es decir, estos frutos solamente maduran cuando están ligados a la planta. Después de la cosecha, ellos no mejoran sus cualidades y valor nutricional. Ejemplo de este grupo tenemos: piña, carambola, coco, etc. En este caso no existe una relación entre la respiración y los cambios que se manifiestan con la maduración de los frutos.

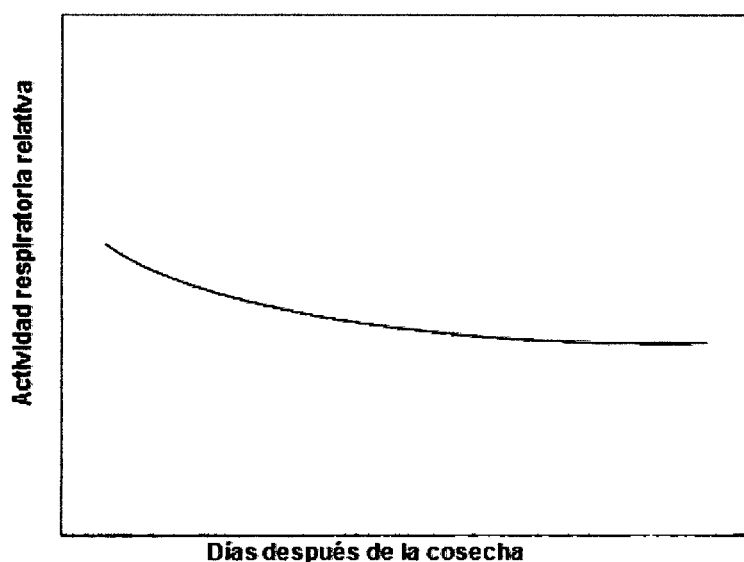


Figura 2.5: Representación gráfica de la respiración no climatérica

### 2.3.5.3 Tasa de respiración

Es importante porque determina las cantidades de oxígeno que deben estar disponibles por unidad de tiempo y las cantidades de  $\text{CO}_2$  y calor, que deben

ser eliminadas al mismo tiempo. Además es un buen indicador de la velocidad a la cual proceden otras reacciones tales como la conversión de almidón a azúcar (maíz dulce), pérdidas de vitaminas (ácido ascórbico) o deterioración causada por cambios fisiológicos o por enfermedades.

Generalmente es expresada como peso de CO<sub>2</sub> producido por unidad de peso fresco y tiempo (mg CO<sub>2</sub> / Kg / h). También puede ser expresada como ml de CO<sub>2</sub> producidos por unidad de peso fresco y tiempo (ml CO<sub>2</sub> / Kg / h).

Cuadro 2.3: Tasa de Respiración según temperatura para algunas frutas  
(mL CO<sub>2</sub>/Kg. h)

| Temperatura | 7°C | 10°C | 13°C | 15°C |
|-------------|-----|------|------|------|
| Piña        | 6   | 8    | 14   | 21   |
| Melocotón   | 12  | 18   | 35   | 50   |
| Naranja     | 4   | 7    | 13   | 20   |
| Fresa       | 14  | 22   | 42   | 75   |
| Papaya      | -   | 8    | 16   | 20   |
| Manzana     | 3   | 8    | 17   | 25   |

Fuente: Wills *et al* (1994), Kader (1979)

Cuadro 2.4: Clasificación de productos perecibles de acuerdo con la tasa respiratoria a 5°C

| CLASE               | mg CO <sub>2</sub> .Kg <sup>1</sup> .H <sup>-1</sup> | PRODUCTO                      |
|---------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------|
| MUY BAJA            | 5                                                    | Nueces y manzanas             |
| BAJA                | 5 - 10                                               | Cítricos, uva, kiwi y cebolla |
| MODERADA            | 10 - 20                                              | Platano, pera tomate,         |
| ALTA                | 20 - 40                                              | Palta, fresa                  |
| MUY ALTA            | 40 - 60                                              | Flores                        |
| EXTREMADAMENTE ALTA | 60                                                   | Esparrago, brócoli, arvejas   |

Fuente: Kader (1979)

#### 2.3.5.4 Efecto de la temperatura

Ryall y Lipton (1972) afirma que la intensidad respiratoria de las frutas después de la cosecha está íntimamente relacionada con la temperatura. La velocidad de respiración por unidad de peso es mayor en frutos inmaduros u hortalizas y decae con la edad.

#### 2.3.5.5 Disponibilidad de oxígeno

Mitchell *et al* (1972), sustentan que el oxígeno del aire como componente más importante de la respiración aeróbica, debe estar disponible en cantidad adecuada. Si accidentalmente se restringe el acceso de oxígeno a las frutas,

ocurrirá una fermentación acompañada de la producción de olores y sabores desagradables, conforme se observa en la figura 2.6.

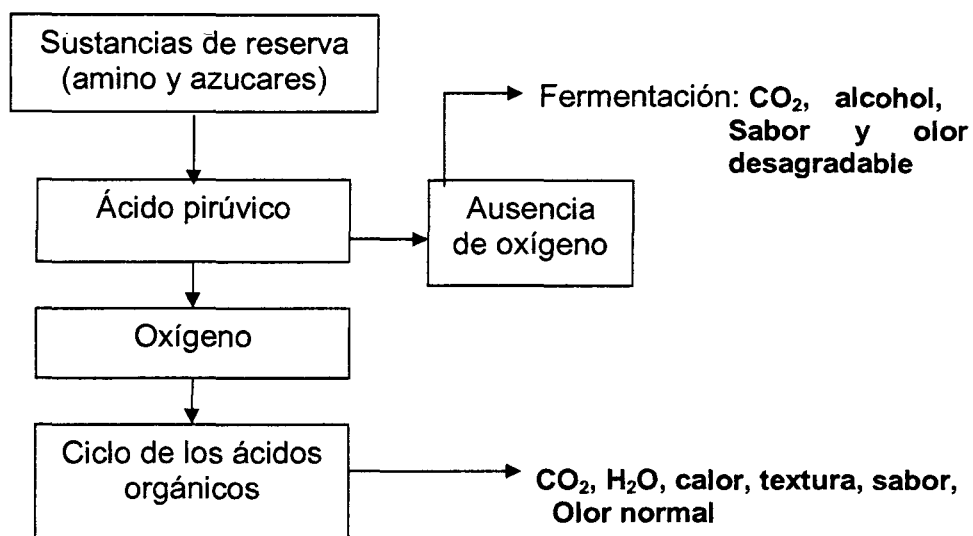


Figura 2.6. Diagrama esquemático de la respiración de las frutas

Cuadro 2.5: Clasificación de algunos frutos comestibles de acuerdo a su patrón respiratorio

| FRUTOS CLIMATERICOS | FRUTOS NO CLIMATERICOS |
|---------------------|------------------------|
| Manzana             | Pepino                 |
| Aguacate            | Uva                    |
| Banana              | limón                  |
| Chirimoya           | Piña                   |
| cocona              | Fresa                  |
| Mango               | naranja                |
| papaya              | carambola              |
| melón               | Cereza                 |

Fuente: Kader (1979)

#### **2.3.5.6 Transpiración**

Nelson (1979), define a la transpiración como el término biológico aplicado a la evaporación del agua de los tejidos vegetales a través de las estructuras anatómicas de las frutas como: estomas, lenticelas, cutículas, pedúnculo.

Mitchell *et al* (1972), sustentaron que la gran mayoría de los productos perecibles contienen de 75 a 95% de agua y una humedad relativa de los espacios intercelulares es muy próxima a 100%. Por lo tanto, existe la tendencia de casi siempre de que el agua en forma de vapor escapen de los tejidos, una vez que la humedad relativa del ambiente sea usualmente menor que 100%. La pérdida de agua es pérdida de peso vendible durante el mercadeo. Además se desmejora la apariencia, se pierde la textura y se afecta negativamente la calidad.

Cereda *et al* (1976), menciona que una pérdida de peso de sólo el 5% determinará que muchos productos perecederos luzcan deshidratados o marchitos. Bajo condiciones cálidas y secas esto puede ocurrir en pocas horas. Aún cuando los cambios puedan ser imperceptibles, son capaces de causar deshidratación y cambios en color y palatabilidad que persisten en muchos vegetales.

Ryall y Pentzer (1974), manifestaron que otro aspecto importante de la transpiración es la pérdida de peso de los productos desde el punto de vista de comercialización.



## **2.4 FACTORES QUE AFECTAN LA PÉRDIDA DE HUMEDAD**

Según Monteiro (1993), la transpiración es un proceso complejo, afectado por un gran número de factores, que pueden ser inherentes a la fruta o relacionados al ambiente en que se encuentra. Entre los más importantes tenemos:

### **2.4.1 Factores inherentes a la fruta**

➤ **Tamaño**

Cuanto mayor sea la superficie expuesta del producto, mayor será la tasa de transpiración.

➤ **Superficie / volumen**

Cuanto mayor sea esta relación, mayor será la pérdida de peso.

➤ **Estomas y lenticelas**

Aberturas naturales por donde se dan los intercambios gaseosos, inclusive a la salida e vapor de agua.

➤ **Región de inserción del fruto al pedúnculo**

Cuando están expuestas al aire facilita enormemente la pérdida de peso del producto.

➤ **Presencia de cera natural**

Reduce la transpiración del producto

#### **2.4.2 Factores ambientales**

Según Hardenburg *et al* (1986), los principales factores ambientales que alteran la tasa de transpiración de las frutas son la temperatura y la humedad relativa. Cuanto menor es la temperatura y mayor es la humedad relativa, menor será la transpiración del producto.

Entretanto como un indicador más preciso del potencial para medir la pérdida de humedad se tiene que calcular el DPV (Déficit de Presión de Vapor). De acuerdo a Nelson (1979), el déficit de presión de vapor (DPV) es la diferencia entre la presión real de vapor y la presión de vapor de la atmósfera saturada a la misma temperatura.

Hardenburg *et al* (1986) relacionan la temperatura y humedad relativa con la presión de vapor o déficit de presión de vapor conforme al anexo 1.

Otro factor ambiental que afecta a la transpiración es el movimiento de aire sobre la superficie del producto. Cuando más rápidamente es el movimiento del aire alrededor de la fruta, mayor será su pérdida de peso, a menos que el aire se encuentre saturado de humedad. Crucifix (1986).

#### **2.5 REDUCCIÓN DE LA TRANSPIRACIÓN**

Básicamente hay dos formas de reducir la deshidratación de los vegetales. Primero, minimizando la diferencia de humedad que existe entre el interior del producto y el medio, conforme es el caso de peras almacenadas a 75, 85 y 95% de humedad relativa que se observa en la figura 2.7. Esto puede lograrse manteniendo la humedad relativa del almacén, tan cerca de saturación como

sea posible, reduciendo la diferencia de temperatura entre el medio de enfriamiento y el aire en el almacén. También es posible adicionar agua en forma de aspersión o vapor al sitio de almacenamiento. (Wills *et al*, 1984)

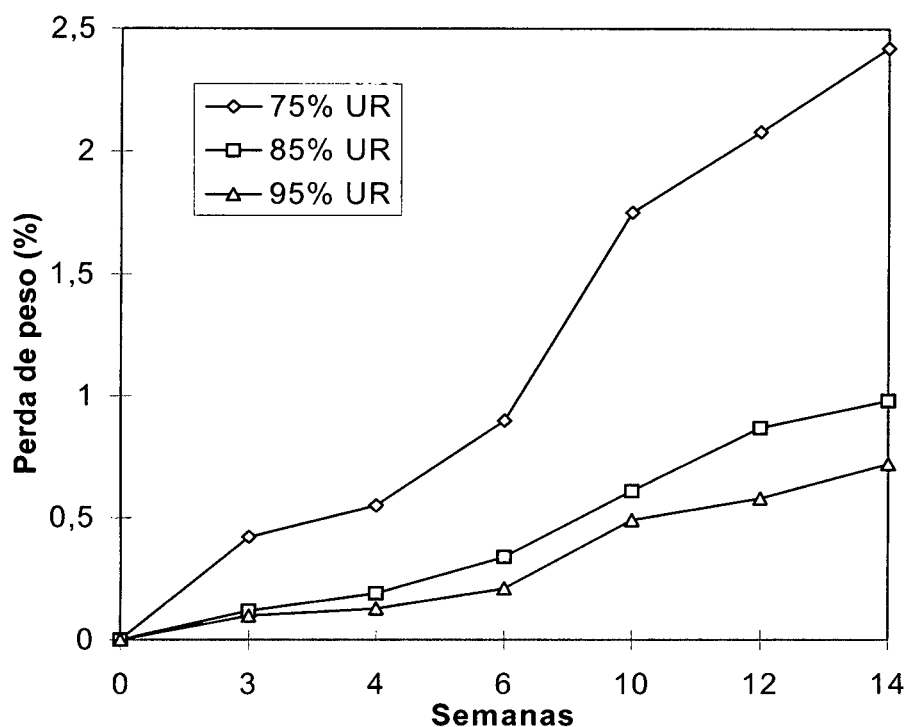


Figura 2.7: Pérdidas de peso en peras almacenadas a 0°C

Segundo, protegiendo el producto de la exposición al aire seco. Esto puede hacerse cubriendo el producto con plástico (cryovac en cítricos, por ejemplo), agregando hielo a productos que lo toleren o cubriendo los vegetales con una película impermeable tal como cera (natural o sintética) o el uso de cobertores (semperfresh, por ejemplo).

Un efecto primario de la temperatura sobre las membranas celulares tiene que ver con la fluidez de los lípidos. Ellos están en una condición más o menos fluida o móvil a altas temperaturas, pero entran en una condición de gel o se tornan inmóviles por debajo de la temperatura crítica. Esto afecta las propiedades de la membrana, particularmente las asociadas con enzimas envueltas en producción de energía (A.T.P.) y síntesis de proteínas. Estos efectos ocurren a temperaturas alrededor de 10 – 15°C para muchos productos tropicales. Para especies no susceptibles a este daño, el efecto ocurre a temperaturas mucho más bajas (0 – 5 °C).

Por otro lado Broughton & Guat (1979), investigaron que la reducción de la transpiración se puede lograr minimizando la exposición de frutas a grandes DPV (Déficit de presión de vapor), colocando en ambientes con alta humedad relativa, encerando la superficie de la fruta y utilizando filmes flexibles para embalar el producto.

## **2.6 EL PROCESO DE MADURACIÓN**

Este proceso puede entenderse como el conjunto de cambios que se suceden generalmente luego que el crecimiento del fruto ha cesado y determina que adquiera la mejor calidad desde el punto de vista del consumidor.

En muchas casas y fruterías se realiza prácticas para favorecer la maduración de papayas. Aparentemente favorece la oxigenación del tejido, la salida del látex y síntesis del etileno.

### **2.6.1 Etileno**

El etileno es una hormona naturalmente producida por las plantas, que favorece la maduración de frutos climatéricos bien sea la producida por los frutos o adicionados externamente.

Es un hidrocarburo no saturado u oleofina, de estado gaseoso, incoloro, de olor dulce, fácilmente detectable, aún a concentraciones muy bajas (p.p.m.). Su peso molecular es de 28,05 g/mol, su punto de ebullición es  $-103,7^{\circ}\text{C}$ , a 760 mm de Hg. Su punto de congelación es de  $-169,2^{\circ}\text{C}$ . Es inflamable y explosivo entre los rangos de 3,1 y 32%. Es anestésico y asfixiante, pudiendo causar la muerte (por asfixia), a elevadas concentraciones.

El uso del etileno favorece el desarrollo de color en frutos, cambio de almidones en azúcares y no tiene efecto sobre el sabor, olor ni contenido de vitamina. Es recomendado para ser usado en bananas, cítricos, tomates, mangos, aguacates, papayas, melones.

Como el caso de otras hormonas, se cree que se une a un receptor, formando un complejo activo, a su vez inicia la reacción primaria de maduración. Esta a su vez inicia una cadena de reacciones que incluyen la modificación de la expresión de los genes y conducen a una variada gama de respuestas fisiológicas. (Flores, 1994).

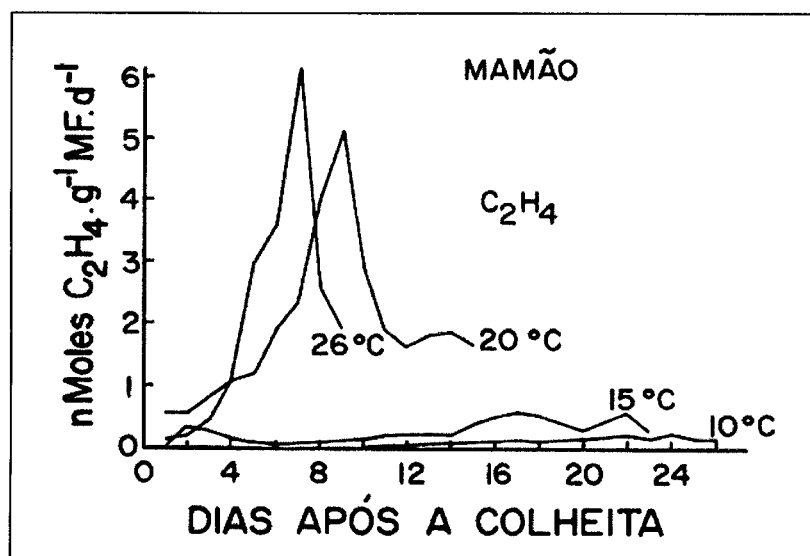


Figura 2.8. Producción de etileno de la papaya según temperatura

### 2.6.2 Cambios asociados con la maduración

En algún punto durante el crecimiento y desarrollo del fruto, es reconocido por el consumidor como que ha alcanzado la óptima calidad de consumo. Esta deseable calidad no está asociada con ningún cambio universal, sino en diferentes formas de acuerdo al tejido.

Los frutos climatéricos generalmente alcanzan la madurez de consumo luego del climaterio. Sin embargo, son los otros eventos iniciados por el etileno que el consumidor asocia con maduración. (Wills *et al*, 1984)

### 2.6.3 Color

El color es el cambio más evidente que ocurre en muchos frutos y a menudo el criterio empleado por el consumidor para determinar si un fruto está maduro o no. El cambio más común es el cambio de color verde. Con pocas excepciones

(aguacate, por ejemplo), los frutos climatéricos muestran la pérdida rápida del color verde durante la maduración. El color verde es debido a la presencia de clorofila, que está constituida por un complejo órgano magnésico. La pérdida del color verde es debida a la degradación de la estructura de la clorofila. Los principales agentes responsables por esta degradación son cambios de pH (principalmente debido a la salida de ácidos orgánicos de la vacuola), sistemas oxidativas y clorofilasas. La desaparición de la clorofila está asociada con la síntesis y/o revelación de pigmentos que van de amarillo a rojo. Muchos de estos pigmentos son carotenoides, que son hidrocarburos no saturados generalmente con 40 átomos de carbono y que pueden tener uno o más funciones de oxigenación en la molécula. Los carotenoides son compuestos estables y permanecen intactos en el tejido aún cuando haya ocurrido senescencia extensiva. Pueden sintetizarse durante los estados de desarrollo de las plantas, pero están enmascarados por la presencia de clorofila. Luego de la destrucción de la clorofila, los carotenoides se hacen visibles. En otros tejidos la síntesis de carotenoides ocurre conjuntamente a degradación de clorofila. Las antocianinas proveen mucho de los colores rojos – púrpura de frutas y hortalizas. Estos compuestos son solubles en agua y se encuentran principalmente en la vacuola celular, a menudo en las membranas epidérmicas. (Wills *et al*, 1984)

#### **2.6.4 Carbohidratos**

Los mayores cambios cuantitativos asociados con la maduración son generalmente el rompimiento de polímeros carbohidratos, siendo frecuente su casi total conversión de almidón a azúcar. Esto tiene doble efecto: de alterar el sabor y consistencia del producto. El incremento en azúcar hace al fruto más dulce y por consiguiente más aceptable. Aún en frutos no climatéricos, la acumulación de azúcar está asociada con el desarrollo de la calidad óptima de consumo. El azúcar puede ser derivado de la savia que llega al fruto antes que ocurra la degradación de las reservas de almidón del mismo.

El rompimiento de carbohidratos poliméricos, especialmente sustancias pécticas y hemicelulosas debilitan las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen las células unidas. En los estados iniciales, la consistencia se hace más agradable, pero eventualmente la estructura de la planta se desintegra. Protopectina es la forma parental insoluble de las sustancia pécticas. Además de ser un polímero largo, está unida a otras cadenas de polímeros, con puentes de calcio y uniones con otros azúcares y derivados fosfato, para formar polímeros extremadamente largos. Durante la maduración la protopectina es degradada gradualmente a fracciones de menor peso molecular, que son más solubles en agua. La velocidad de degradación de las sustancias pécticas está directamente correlacionada con la de ablandamiento del fruto. (Wills *et al*, 1984)



### **2.6.5 Ácidos orgánicos**

Generalmente decrecen durante la maduración, al ser consumidos en respiración o convertidos en azúcares. Los ácidos pueden considerarse como una fuente de reserva de energía del fruto y en consecuencia es de esperarse que declinen durante la gran actividad metabólica que ocurre durante la maduración.

### **2.6.6 Compuestos nitrogenados**

Las proteínas y aminoácidos libres son constituyentes menores del fruto y no tienen efecto sobre la calidad comestible. Los cambios en estos compuestos indican variaciones en la actividad metabólica durante diferentes fases de crecimiento. Durante la fase climática de muchos frutos, hay una disminución en los aminoácidos libres, que a menudo reflejan un incremento en la síntesis de proteínas. Durante la senescencia, el nivel de aminoácidos libres se incrementa, reflejando una degradación de enzimas y reducción en la actividad metabólica.

### **2.6.7 Aroma**

El aroma juega un papel importante en el desarrollo de la calidad óptima de consumo en muchos frutos. Es debido a la síntesis de muchos compuestos orgánicos volátiles durante la maduración. La cantidad total de carbón envuelto en la síntesis de volátiles es menor de un 1% del desprendido como CO<sub>2</sub>. El mayor compuesto volátil formado es etileno, el cual representa el 50 a 75% del

total del carbón en los volátiles. El etileno no contribuye a los aromas típicos del fruto. La cantidad de compuestos aromáticos es muy pequeña.

Los frutos no climatéricos también producen volátiles durante el desarrollo de la calidad óptima de consumo. Estos frutos por lo general no sintetizan compuestos tan aromáticos como los de los frutos climatéricos. (Wills *et al*, 1984)

## **2.7 MANEJO POSTCOSECHA DE PAPAYA (*Carica papaya* L.)**

Para que los frutos maduren satisfactoriamente y tengan una buena calidad de consumo, se deben cosechar cuando hayan alcanzado un grado de desarrollo que les permita continuar el proceso una vez separados de la planta. Por el contrario, si se cosechan avanzados de madurez (sobremaduros), durarán poco durante el proceso de comercialización.

El momento adecuado para la cosecha es cuando el color de la cáscara en la parte más extrema del fruto comienza a cambiar de color verde intenso a más pálido o amarillento. Luego aparecen áreas o franjas amarillas. Los frutos obtenidos en este estado de maduración (verde) alcanzan la madurez de consumo de 5 a 7 días, bajo condiciones ambientales (27°C y 70% H.R.).

Las frutas tienen una cáscara delgada, por lo que se dañan fácilmente si no se manipulan cuidadosamente. Para ello conviene recolectarlos manualmente y cortar el pedúnculo con cuchillo o tijeras, de manera que no se rompa la zona del fruto inmediato a éste, a fin de evitar que pierda agua y penetren a los mismos organismos causantes de enfermedades.

Los frutos de papaya son muy perecederos, tienen una vida corta después que se han separado de la planta. Una forma para prolongar el período de almacenamiento, y mantener su calidad comercial, es mediante la refrigeración. Los frutos cosechados verdes – hecho y almacenados a una temperatura de 12,5°C y a una humedad ambiental del 80%, maduran lentamente y conservan una buena calidad por un período de tres semanas. Este lapso se reduce a 12 días en ambientes de aire acondicionado (22°C, 60% H.R.) y a 7 días en condiciones ambientales de 27°C y 70% H.R. Los frutos verde-hechos no se deben refrigerar a temperaturas inferiores a 11°C, debido a que cuando se transfieren a la temperatura ambiente, pierden la capacidad de madurar y se les desarrollan manchas oscuras en la piel. Por el contrario, los frutos maduros (totalmente amarillos) pueden tolerar el almacenamiento a ésta temperatura, sin sufrir daños.

## **2.8 MANEJO POSTCOSECHA DE COCONA (*Solanum sessiliflorum*)**

### **a) Cosecha**

La cosecha se realiza manualmente cuando el fruto completa su desarrollo y se inicia el cambio de color de la cáscara.

El color amarillo del fruto indica su punto ideal de maduración para la cosecha y consumo. En esta etapa de maduración, las semillas ya están fisiológicamente maduras y con un porcentaje del 100% de germinación. Se retiran los frutos de las ramas de las plantas cortando sus pedúnculos con una tijera de podar o cuchillo, o simplemente tirándolos. (Silva Filho, 1998)

#### **b) Empacado**

Después de retirar los frutos de la planta, éstos deben ser colocados en bandejas de fibras vegetales, cajas de madera o de plástico agujereadas, con capacidad máxima de 25 a 30 kg para evitar que los frutos colocados por debajo se aplasten. Es necesario continuar con los experimentos para definir los mejores materiales y tipos de embalajes para los frutos recolectados, de manera que esta recomendación se basa en experiencias con otros cultivos. (Silva Filho, 1998)

#### **c) Almacenaje**

Los frutos de la cocona (*Solanum topiro*) recolectados en el estado de madurez ideal (color amarillo) son menos perecibles que los frutos de otras Solanáceas. Estos pueden conservarse a temperatura ambiente (20 a 30°C) a la sombra y con buena ventilación sin que se deteriore por un período de cinco a siete días. En refrigeradores de uso doméstico, el período de conservación puede alcanzar 30 días, sin que se altere el sabor original. Lógicamente, la pulpa congelada se puede conservar por un período prolongado - hasta seis meses de conservación - manteniendo el sabor muy agradable (Silva Filho *et al.*, 1996).

#### **d) Transporte**

Los frutos de la cocona son muy resistentes al transporte. Esta resistencia mecánica es probablemente otorgada por la pulpa adherida a la cáscara, pues ésta es consistente y elástica al mismo tiempo. Cuando han sido

acondicionados en cajas de 25 a 30 kg, los frutos pueden ser transportados por varias horas en caminos malos sin sufrir daños aparentes.

Generalmente la relación entre el ancho y el tamaño (longitud) de los frutos de la cocona varía de 0,78 a 1,64, pero los biotipos que presentan una relación menor que 1 (frutos alargados) son aparentemente más resistentes. El número de lóculos de los frutos de la cocona varía de 4 a 8. Los frutos con 4 lóculos poseen un estándar de uniformidad y firmeza que parece ser ideal para resistir el transporte (Silva Filho, 1998).

## **2.9 EL ENCERADO**

El encerado consiste en aplicar al producto una capa artificial de cera de espesor y consistencia adecuada con el fin de mejorar su apariencia y reducir las pérdidas de humedad. También existen cobertores de origen sintético que además retardan el proceso normal de maduración. Flores (1994).

### **2.9.1 Las ceras**

Las ceras se definen como ésteres de ácidos grasos superiores, que en vez de contener grupos glicéridos son ésteres de alcoholes grasos superiores: C16 (cétílico), C24 (carnaubílico) y C30 (miricílico). De una forma genérica puede afirmarse que la cadena del ácido y del alcohol tiene “longitudes” similares. (<http://www.multiceras.com.mx>).

### **2.9.2 Características Físicas y Químicas de las Ceras**

- Las ceras son sólidos con puntos de fusión entre 60 y 80°C.

- Son más resistentes a la saponificación que las grasas y aceites, así como menos susceptibles al auto oxidación.
- Tienen pesos moleculares elevados.
- Son sólidas a la temperatura ambiente.
- Son insolubles en agua y en la mayoría de disolventes orgánicos.
- Las ceras sirven principalmente como coberturas protectoras y repelentes del agua en la superficie de los tejidos y organismos. Su función es la de impedir la evaporación indebida de humedad o que el agua ambiental invada al tejido.
- Las ceras tienen un cierto poder rellenanante.

### **2.9.3 Tipos de ceras**

#### **2.9.3.1 Ceras naturales**

Son mezclas de muchos ésteres de esta clase que a menudo contienen alcoholes no esterificados, cetonas e hidrocarburos con un número impar de átomos de carbono. Estos hidrocarburos se forman, aparentemente a partir de los ácidos grasos de cadena larga, por un proceso de descarboxilación.

Entre ellas tenemos:

Animal: Abejas, Lanolina

Vegetal: Carnauba, Candelilla

Mineral: Montana, Ceresina

Petróleo: Parafina, Microcristalinas

### **2.9.3.2 Ceras Sintéticas**

Según Flores (1994), se trata de ceras consistentes en productos de fabricación industrial.

La mayor parte de estas sustancias se llaman ceras porque poseen propiedades similares a las ceras naturales.

De los esteres producidos que se asemejan a las ceras en las propiedades físicas son:

- Los esteres de los alcoholes polihidratados.
- Mono-di y triesterato de glicoles o sus mezclas
- Algunos aceites vegetales hidrogenados
- Ácidos y alcoholes de alto peso molecular
- La oxidación de las parafinas microcristalinas usadas para diluir la cera de carnauba
- Polietileno céreo de peso molecular bajo
- Entre este grupo de ceras tenemos de polietileno, de polipropileno, de Fisher-Tropsch, de politetrafluoretileno.

### **2.9.4 Descripción de la técnica del encerado en frutas**

Esta técnica de preservación de frutas, se basa en la aplicación de un filme, formando una película protectora alrededor de la fruta.

Debido a la adherencia del filme en la fruta, restringe las cantidades de ingreso de oxígeno y salida de dióxido de carbono, permitiendo una respiración lenta,

retardando así su maduración, sin causar condiciones anaeróbicas, evitando pérdidas de humedad a través de su transpiración.

Así con el uso de esta película, también lograremos retrasar el efecto del etileno, producto volátil desprendido por vegetales (frutas y hortalizas).

El etileno es considerado como un indicador principal de la maduración de frutos o como un contribuyente al fenómeno de maduración y envejecimiento, pues hace perder al color verde de las frutas y hortalizas, incrementa la tasa de respiración de frutos y ocurre el desgaste rápido de reservas, aumentando las pérdidas en peso y azúcares.

#### **2.9.5 Aplicación del encerado**

La cera se aplica en solución (cera en agua), por medio de un método que asegure que la fruta se cubra completamente de la suspensión.

Pueden efectuarse las siguientes técnicas:

- **Por inmersión**

El objetivo es sumergir completamente la fruta en solución de cera preparada.

- **Por aspersión o rocío**

Se puede aplicar, rociando con aspersiones finas, para ello se usará aspersores.

- **Por bañado**

Para algunos cultivos el bañado en silos del producto a granel, podría ser el método más práctico de aplicación.



- **Por frotamiento o aplicación con esponja**

Si se tiene poco volumen de producto para encerar, se puede aplicar la cera con una esponja de baño a cada fruta individualmente.

#### **2.9.6 Beneficios del encerado en frutas**

- Evita pérdidas de agua, por maduración, senescencia o descomposición, ataque de patógenos de las frutas durante el transporte, tiempo de almacenamiento, manipulación y mercadeo.
- Posibilita el comercio de productos altamente perecederos, como las frutas fuera de temporada y lugar.
- Preserva la integridad física y calidad del producto fresco luego de la cosecha hasta que éste llegue al consumidor para su utilización al estado natural fresco; o hasta que el mismo sea usado como materia prima para su posterior procesamiento.
- Mantiene un conjunto de atributos, características y propiedades de una fruta fresca, definiendo la calidad del producto, a la vez esta calidad constituye un indicador de su valor comercial como alimento en el mercado nacional como el de exportación.
- Da mejor presencia, aspecto a la vista de las frutas.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial y Laboratorio de Procesos Agroindustriales de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional De San Cristóbal de Huamanga.

- **Tipo de investigación:** Aplicada
- **Nivel de investigación:** Explicativa, experimental
- **Diseño: Explicativo:** experimental

#### **3.1 MATERIALES**

##### **3.1.1 Materia prima y otros**

La papaya (*Carica papaya L.*) y la cocona (*Solanum sessiliflorum*) proveniente del VRAE fue adquirida del mercado Nery García Zárate.

Se utilizó cera de abeja, paños y distintos utensilios.

##### **3.1.2 Reactivos e insumos**

Para los análisis correspondientes se utilizaron:

- Ácido clorhídrico
- Hidróxido de sodio
- Fenolftaleína
- Agua destilada
- Cera

### **3.1.3 Materiales de laboratorio**

Los materiales para los diferentes análisis fueron los siguientes:

- Placa petri (10 cm de diámetro por 1,5 cm de altura).
- Matraces erlenmeyer de 100, 250, 500 y 1000 mL.
- Pipetas de 1, 5 y 10 mL.
- Probetas de 50, 100 y 250 mL.
- Pinzas.
- Tubos de ensayo de 16 por 100 y gradilla.

### **3.1.4 Equipos e Instrumentos**

Los equipos e instrumentos utilizados para los diferentes análisis son:

- Balanza analítica Marca AND HR 200
- Balanza digital marca AND
- Estufa Marca HOT AIR OVEN modelo YCO-010.
- pH metro digital, marca THERMO SCIENTIFIC.
- Refractómetro, Marca RELES
- Cocina Eléctrica
- Refrigeradora
- Higrómetro
- Cámaras acondicionadas con tecnopor

## **3.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS**

Se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos:

### **3.2.1 Determinación de humedad.**

Se determinó mediante el método de secado en estufa recomendado por la AOAC (1993).

### **3.2.2 Determinación de sólidos solubles (° Brix)**

Se empleó el método refractométrico, según la AOAC (1993)

### **3.2.3 Determinación de acidez titulable**

Se determinó por neutralización con NaOH 0,1 N de acuerdo al método de Meyer, 1990.

### **3.2.4 Determinación de variación del peso**

Se utilizó una balanza digital, con precisión de  $\pm 0,02$  gramos.

### **3.2.5 Determinación del Deficit de Presión de Vapor (DPV)**

Se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$DPV = \frac{(100 - H.R \text{ a } T_1)}{100} \times P.V \text{ agua a } T_1$$

Método descrito por Flores (1994).

## **3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

### **3.3.1 Diagrama de flujo experimental**

Con el objeto de desarrollar el presente trabajo, se tuvo en cuenta las etapas que se muestran en la figura 3.1.

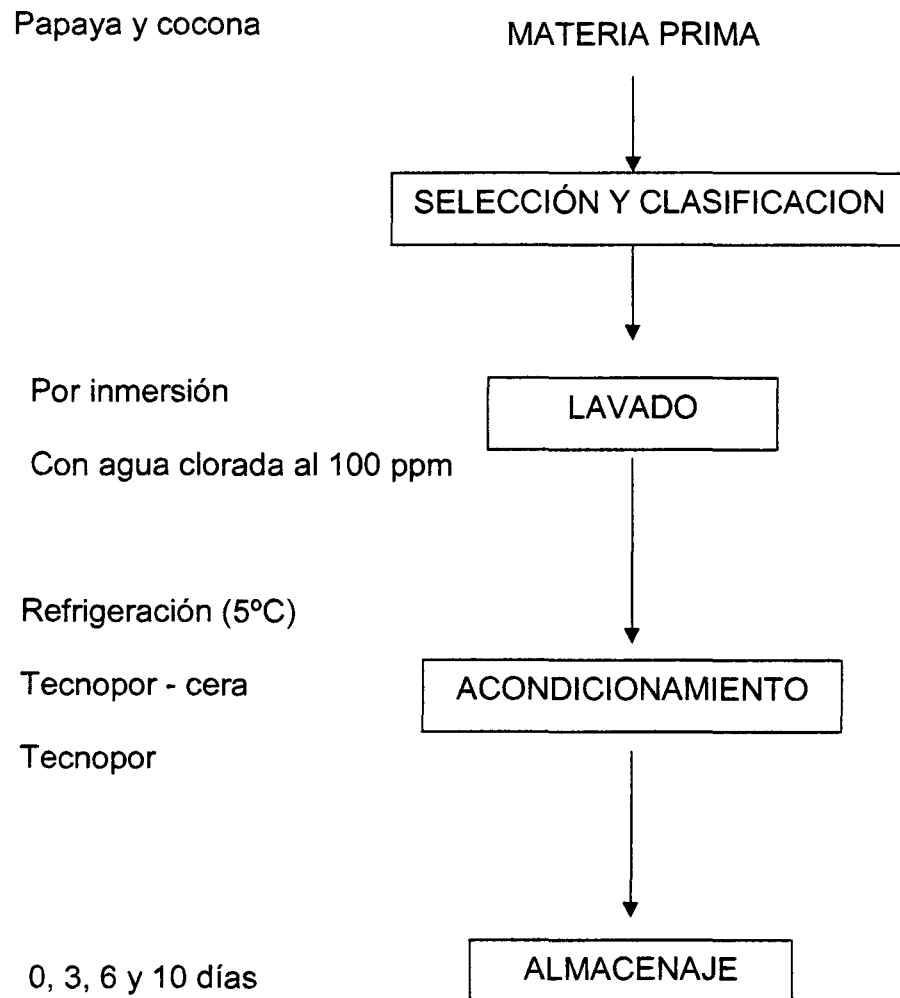


Figura 3.1: Diagrama de flujo empleado en el experimento

### 3.3.2 Descripción del diagrama de flujo experimental

#### ✓ Materia prima

Las materias primas a emplear contaron con tres estados de madurez: verde, pintona y madura.

La materia prima utilizada en el trabajo de investigación fueron las frutas:

|               |                         |
|---------------|-------------------------|
| <b>Papaya</b> | <b>variedad criolla</b> |
| <b>Cocona</b> | <b>variedad aperada</b> |

✓ **Selección y clasificación**

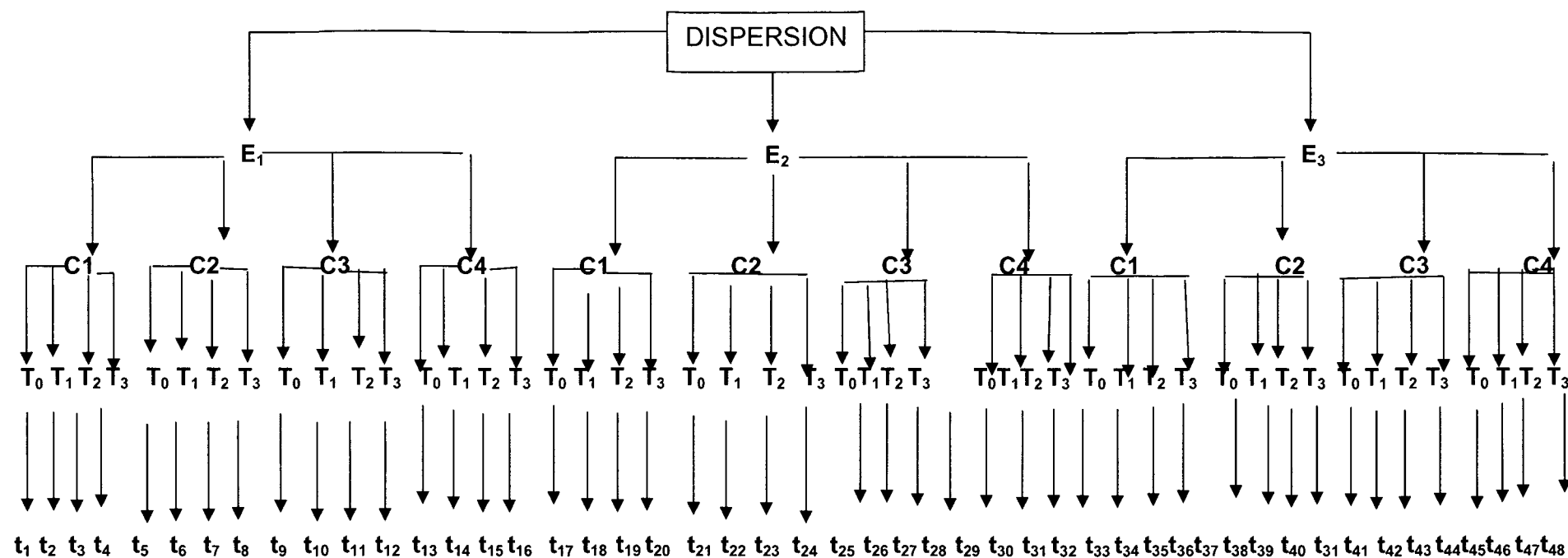
Esta operación consistió en eliminar toda aquella fruta que presentó daños físicos o algún rasgo de infección, luego las frutas fueron clasificadas en base a criterios de homogeneidad de forma y tamaño y peso, así como de acuerdo al grado de madurez en verde, pintona y madura.

✓ **Lavado**

Realizada la operación de selección y clasificación, se procedió al lavado de la fruta, se hizo manualmente mediante el uso de escobillas y por inmersión en solución de agua clorada a 100 ppm (hipoclorito de sodio), a fin de eliminar sustancias extrañas y disminuir la carga microbiana adherida en la fruta.

✓ **Acondicionamiento**

Las frutas (papaya y cocona) con estados de madurez verde, pintona y madura fueron dispuestos bajo tres condiciones: Refrigeración, tecnopor – cera y tecnopor (temperatura ambiente), para luego realizar los controles y evaluaciones de peso, °Brix, acidez, según el esquema experimental que se muestra en la figura 3.2.



Donde:

$E_i$  = Estado de la fruta

$E_1$  = verde

$E_2$  = pintona

$E_3$  = madura

$C_j$  = Condición de almacenamiento

$C_1$  = Refrigeración

$C_2$  = Tecnopor – cera

$C_3$  = Tecnopor

$C_4$  = control

$T_k$  = Tiempo de Almacenamiento

$T_0$  = 0 días

$T_1$  = 3 días

$T_2$  = 6 días

$T_3$  = 10 días

$t_i$  = i-ésimo tratamiento

Figura 3.2. Esquema Experimental para evaluar los tratamientos de estudio

✓ **Almacenamiento**

Las frutas acondicionadas fueron sometidas a almacenamiento donde se realizaron los controles periódicamente por espacios de tiempo de 0, 3, 6 y 10 días.

### **3.3.3 Esquema experimental**

A fin de controlar y realizar el análisis e interpretación de los resultados se planteó el esquema experimental que se muestra en la figura 3.2, donde se detalla los diferentes tratamientos a estudiar para cada una de las frutas en función a las combinaciones de las variables independientes como: Estado de madurez ( $E_i$ ), Condiciones de almacenamiento ( $C_j$ ) y Tiempo de almacenamiento ( $T_k$ ).

### **3.3.4 Diseño estadístico**

El diseño estadístico empleado fue el Diseño de bloques completo al azar (DBCA) con arreglo factorial de  $3 \times 4 \times 4$  con 3 repeticiones. Diseño que permitió evaluar las variables respuestas en función a las interacciones de las variables independientes, según el esquema experimental planteado.

Los resultados obtenidos según el diseño y esquema experimental fueron contrastados estadísticamente mediante un Análisis de Variancia (ANVA) y la prueba de significación de Tukey (Prueba de comparación de medias) utilizando un nivel de significación del 5%.



## **Modelo Estadístico**

El modelo estadístico empleado para la evaluación de las variables de estudio fue:

$$X_{ijk} = \mu + E_i + C_j + T_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$X_{ijk}$  : Valor observado a la variable respuesta.

$\mu$  : Efecto de la media general

$E_i$  : Efecto del estado de madurez de la fruta

$C_j$  : Efecto de la condición de almacenamiento

$T_k$  : Efecto del tiempo de almacenamiento

$\varepsilon_{ijk}$  : Efecto del error experimental

## **Variables Independientes (E, C T):**

- ✓ Estado de madurez de la fruta
- ✓ Condición de Almacenamiento
- ✓ Tiempo de almacenamiento

## **Variables intervinientes**

- ✓ Temperatura (°C)
- ✓ Humedad relativa (%)

## **Variables dependientes:**

- ✓ Pérdida de peso
- ✓ Sólidos solubles (°Brix) y acidez titulable (%).

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA**

#### **4.1.1 Determinaciones físicas**

Para las medidas físicas y biométricas se tomaron al azar un promedio de 15 frutas de papaya y cocona, cuyos resultados se muestran en el cuadro 4.1.

Las frutas seleccionadas fueron clasificadas según características físicas de homogeneidad de forma, tamaño y peso y con grado de madurez comercial.

Las frutas seleccionadas fueron aquellas que no presentaron magulladuras, golpes, manchas, algún grado de infestación u otra característica que afecte la calidad de la fruta.

Cuadro 4.1. Características físicas promedio de la papaya y cocona

| <b>Características</b> | <b>Papaya<br/>variedad criolla</b> | <b>Cocona<br/>variedad aperada</b> |
|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Forma                  | globosa                            | Ovalada alargada                   |
| Largo (cm)             | 22,42                              | 12,63                              |
| Diámetro (cm)          | 13,24                              | 8,19                               |
| Peso promedio (g)      | 984,35                             | 223,17                             |

Los resultados del cuadro anterior muestran que de acuerdo a la especie de fruta varían en forma, tamaño y peso; siendo la papaya de mayores dimensiones y la cocona como fruta pequeña, estos resultados confirman lo descrito por Juárez y Ninoska (1978) y Barrera *et al.*, (1999). Estas características, según Monteiro (1993), van a influenciar en la pérdida de peso así como en el comportamiento de la presión de vapor de saturación y en la velocidad de transpiración, por tener diferentes relaciones de área/volumen.

#### **4.1.2 Composición fisicoquímica de la papaya y la cocona**

La composición fisicoquímica de la papaya y cocona de las muestras seleccionadas, se muestra en el cuadro 4.2.

Cuadro 4.2: Composición fisicoquímica de la papaya y cocona de las muestras seleccionadas (En 100 gramos de parte comestible)

| COMPONENTE               | VALORES |        |
|--------------------------|---------|--------|
|                          | Papaya  | Cocona |
| Humedad (%)              | 88,70   | 87,23  |
| Ceniza (%)               | 0,26    | 0,21   |
| Proteína (%)             | 0,27    | 0,76   |
| Fibra (%)                | 0,31    | 1,35   |
| Carbohidratos (%)        | 12,34   | 10,34  |
| Sólidos solubles (°Brix) | 10,2    | 4,9    |
| pH                       | 6,2     | 3,4    |
| Acidez titulable (%)     | 0,14*   | 0,48** |

\* Ácido cítrico

\* Ácido cítrico

En el cuadro anterior se puede observar que los componentes analizados están dentro de los estándares mencionados Collazos (1993), Barrera *et al.*, (1999) y Silva Filho (1998). Las frutas por su naturaleza tienen un elevado porcentaje de agua, bajo en proteínas, la cantidad de carbohidratos como resultado del análisis es bajo comparado con otras frutas el cual aporta bajas calorías. Según Flores (1994) refiere que la composición de las frutas varía de acuerdo a los genotipos usados como semillas para su producción, manejo precosecha, grado de madurez, tipo de cosecha, manejo poscosecha desde el momento de la recolección hasta que llegue al consumidor, siendo los factores para mantener la calidad: tipo de embalaje, transporte, condiciones de almacenamiento, distribución entre otros.

## 4.2 EFECTO DEL ESTADO DE LA FRUTA, CONDICIÓN Y TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LA PÉRDIDA DE PESO Y SÓLIDOS SOLUBLES (°BRIX) y ACIDEZ TITULABLE.

### 4.2.1 En la cocona

En el cuadro 4.3 se presenta los valores promedio de la pérdida de peso, sólidos solubles y acidez titulable de las coconas en sus tres estados bajo las condiciones de almacenamiento (control, tecnopor, tecnopor-cera y refrigeración)

Cuadro 4.3: Valores promedio de pérdida de peso, °Brix y acidez titulable de la cocona según los tratamientos en estudio

| ESTADO DE LA FRUTA | CONDICION DE ALMACENAJE | TIEMPO (días) | PERDIDA DE PESO (%) | ° BRIX | ACIDEZ TITULABLE |
|--------------------|-------------------------|---------------|---------------------|--------|------------------|
| VERDE              | Control                 | 0             | 0                   | 4,2    | 0,72             |
|                    |                         | 3             | 5,6                 | 5,2    | 0,66             |
|                    |                         | 6             | 11,4                | 6,4    | 0,58             |
|                    |                         | 10            | 15,7                | 7,8    | 0,54             |
|                    | Tecnopor                | 0             | 0                   | 4,2    | 0,72             |
|                    |                         | 3             | 3,7                 | 4,9    | 0,68             |
|                    |                         | 6             | 8,5                 | 6,1    | 0,60             |
|                    |                         | 10            | 13,2                | 7,3    | 0,57             |
|                    | Tecnopor-cera           | 0             | 0                   | 4,2    | 0,72             |
|                    |                         | 3             | 1,8                 | 4,6    | 0,69             |
|                    |                         | 6             | 4,2                 | 5,1    | 0,65             |
|                    |                         | 10            | 6,1                 | 5,3    | 0,62             |
|                    | refrigeración           | 0             | 0                   | 4,2    | 0,72             |
|                    |                         | 3             | 2,4                 | 4,8    | 0,7              |
|                    |                         | 6             | 4,9                 | 5,4    | 0,69             |
|                    |                         | 10            | 6,8                 | 6      | 0,67             |

Continuación

| ESTADO DE LA FRUTA | CONDICION DE ALMACENAJE | TIEMPO | PERDIDA DE PESO (%) | ° BRIX | ACIDEZ TITULABLE |
|--------------------|-------------------------|--------|---------------------|--------|------------------|
| PINTONA            | Control                 | 0      | 0                   | 6,5    | 0,64             |
|                    |                         | 3      | 8,1                 | 7,4    | 0,55             |
|                    |                         | 6      | 14                  | 8,0    | 0,46             |
|                    |                         | 10     | 17,1                | 8,8    | 0,35             |
|                    | Tecnopor                | 0      | 0                   | 6,5    | 0,64             |
|                    |                         | 3      | 5                   | 7,0    | 0,58             |
|                    |                         | 6      | 10,2                | 7,8    | 0,51             |
|                    |                         | 10     | 12,9                | 8,5    | 0,44             |
|                    | Tecnopor-cera           | 0      | 0                   | 6,5    | 0,64             |
|                    |                         | 3      | 1,8                 | 6,6    | 0,61             |
|                    |                         | 6      | 4                   | 6,7    | 0,57             |
|                    |                         | 10     | 5,3                 | 7,0    | 0,52             |
|                    | refrigeración           | 0      | 0                   | 6,5    | 0,64             |
|                    |                         | 3      | 2,8                 | 6,8    | 0,63             |
|                    |                         | 6      | 5,1                 | 7,2    | 0,60             |
|                    |                         | 10     | 6,1                 | 7,5    | 0,60             |
| MADURA             | Control                 | 0      | 0                   | 8,2    | 0,53             |
|                    |                         | 3      | 3,5                 | 9,4    | 0,49             |
|                    |                         | 6      | 5,8                 | 20,8   | 0,47             |
|                    |                         | 10     | 7                   | 11,4   | 0,42             |
|                    | Tecnopor                | 0      | 0                   | 8,2    | 0,53             |
|                    |                         | 3      | 2                   | 9,0    | 0,50             |
|                    |                         | 6      | 3,8                 | 9,7    | 0,49             |
|                    |                         | 10     | 4,8                 | 10,8   | 0,47             |
|                    | Tecnopor-cera           | 0      | 0                   | 8,2    | 0,53             |
|                    |                         | 3      | 0,5                 | 8,4    | 0,51             |
|                    |                         | 6      | 0,9                 | 8,7    | 0,50             |
|                    |                         | 10     | 1,2                 | 9,0    | 0,50             |
|                    | refrigeración           | 0      | 0                   | 8,2    | 0,53             |
|                    |                         | 3      | 1,1                 | 8,5    | 0,52             |
|                    |                         | 6      | 1,8                 | 9,0    | 0,50             |
|                    |                         | 10     | 2,2                 | 9,5    | 0,50             |

Del cuadro anterior se puede observar que para todos los tratamientos hay pérdida de peso en las condiciones de almacenaje para los tres estados de la fruta, esto se debe a que la cocona tiene un proceso respiratorio

climatérico; cuando se aplica tecnopor-cera y refrigeración las pérdidas son menores en comparación a las otras condiciones de almacenaje; debido a que las ceras y el aislamiento de las condiciones externas del medio disminuyen el proceso respiratorio, además las bajas temperaturas retrasan el proceso respiratorio de las frutas.

Flores (1994) afirma que cuando mayor es la temperatura donde se almacena las frutas climatéricas mayor es su intensidad respiratoria y por ende mayor es su velocidad de transpiración así como mayor es su déficit de presión de vapor .

En el cuadro 4.4 se muestra el análisis de varianza para la pérdida de peso.

Cuadro 4.4: Análisis de varianza para la pérdida de peso de la cocona de los tratamientos en estudio (Nivel de confianza 95%)

| Fuente                       | Suma de cuadrados | gl  | Media cuadrática | F       | Significancia |
|------------------------------|-------------------|-----|------------------|---------|---------------|
| ESTADO DE LA FRUTA (EF)      | 262.336           | 2   | 131.168          | 194.603 | 0.000         |
| CONDICION DE ALMACENAJE (CA) | 522.345           | 3   | 174.115          | 258.320 | 0.000         |
| TIEMPO (T)                   | 1432.287          | 3   | 477.429          | 708.322 | 0.000         |
| EF * CA                      | 120.607           | 6   | 20.101           | 29.822  | 0.000         |
| EF * T                       | 204.420           | 6   | 34.070           | 50.547  | 0.000         |
| CA * T                       | 285.151           | 9   | 31.683           | 47.006  | 0.000         |
| EF * CA * T                  | 65.800            | 18  | 3.656            | 5.423   | 0.000         |
| Total corregida              | 2957.652          | 143 |                  |         |               |

Como se observa en el cuadro ANVA para la pérdida de peso en todas las fuentes de variación hay significancia entre ellos. Por lo tanto realizamos la prueba de significación de medias para el estado de la fruta y condición de almacenamiento, que se muestran en los cuadros 4.5 y 4.6 respectivamente.

Cuadro 4.5: Prueba de Tukey de la pérdida de peso para el estado de la cocona

| ESTADO<br>DE LA<br>FRUTA | Subconjunto |       |       |
|--------------------------|-------------|-------|-------|
|                          | 2           | 3     | 1     |
| Madura                   | 2.694       |       |       |
| Verde                    |             | 5.269 |       |
| Pintona                  |             |       | 5.777 |

Para el caso del estado de la fruta se puede observar en el cuadro anterior que cuando la cocona está madura hay menor pérdida de agua esto se debe a que la fruta ya ha realizado todo su proceso metabólico y esta camino a la senescencia.

Yahia e Higuera (1992) refieren que las frutas tiene un proceso respiratorio mas acelerado cuando están con madurez comercial, ya que están paso a la senescencia y muerte del tejido.



Cuadro 4.6: Prueba de Tukey de la pérdida de peso para la condición de almacenamiento de la cocona

| CONDICIÓN DE ALMACENAMIENTO | Subconjunto |       |       |
|-----------------------------|-------------|-------|-------|
|                             | 2           | 3     | 1     |
| Refrigeración               | 2.767       |       |       |
| Tecnopor-cera               | 2.858       |       |       |
| Tecnopor                    |             | 5.344 |       |
| Control                     |             |       | 7.350 |

Como se observa en el cuadro 4.6 la cocona acondicionada en refrigeración y tecnopor-cera las pérdidas de agua son menores debido a que los procesos respiratorios se retrasan por las barreras (ceras) y las bajas temperaturas.

Según Baldwin *et al.*, 1995 refiere que las recubiertas en los productos comestibles retrasan la pérdida de compuestos volátiles deseables de sabor y vapor de agua, mientras restringen el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono, creando así una atmósfera modificada.

La aplicación más importante de las películas comestibles es hasta ahora el uso de una emulsión hecha de ceras y aceites en agua, que fue rociada en frutas para mejorar su apariencia, brillo, color, suavidad, controlar su madurez y retardar la pérdida de agua. (Debeaufort *et al.*, 1998)

La alta respiración, producción de etileno y pérdida de humedad que resultan del metabolismo de la fruta pueden ser reducidas teóricamente mediante la aplicación de una membrana semipermeable como lo son las cubiertas comestibles. (Baldwin *et al.*, 1995)

Del cuadro 4.3 se puede observar que para todos los tratamientos existe un aumento de los sólidos solubles (°Brix) en la cocona, notándose un aumento mas pronunciado en las condiciones de almacenaje de tecnopor y el control, en comparación con la condición tecnopor-cera y refrigeración, para los tres estados de la fruta (verde, pintona y madura). En el cuadro 4.7 se muestra el ANVA para la variación de sólidos solubles de la cocona de los tratamientos en estudio.

Cuadro 4.7: Análisis de varianza para los sólidos solubles (°Brix) de la cocona de los tratamientos en estudio (Nivel de confianza 95%)

| Fuente de variación          | Suma de cuadrados | gl  | Media cuadrática | F       | Significancia |
|------------------------------|-------------------|-----|------------------|---------|---------------|
| ESTADO DE LA FRUTA (EF)      | 352.043           | 2   | 176.021          | 7727.76 | 0,000         |
| CONDICION DE ALMACENAJE (CA) | 29.084            | 3   | 9.695            | 425.61  | 0,000         |
| TIEMPO (T)                   | 76.600            | 3   | 25.533           | 1120.9  | .000          |
| EF * CA                      | .835              | 6   | .139             | 6.107   | .000          |
| EF * T                       | 3.268             | 6   | .545             | 23.912  | .000          |
| CA * T                       | 16.427            | 9   | 1.825            | 80.133  | .000          |
| EF * CA * T                  | 1.097             | 18  | .061             | 2.676   | .001          |
| Total corregida              | 481.540           | 143 |                  |         |               |

Como se observa en el cuadro ANVA para la cantidad de sólidos solubles en todas las fuentes de variación hay significancia entre ellos. Por lo tanto realizamos la prueba de significación de medias para el estado de la fruta y

condición de almacenamiento, que se muestran en los cuadros 4.8 y 4.9 respectivamente.

Cuadro 4.8: Prueba de Tukey de la variación de sólidos solubles para los estados de madurez de la cocona

| ESTADO  | Subconjunto |       |       |
|---------|-------------|-------|-------|
|         | 2           | 3     | 1     |
| Verde   | 5.358       |       |       |
| Pintona |             | 7.206 |       |
| Madura  |             |       | 9.188 |

Para el caso de el estado de la fruta se puede observar en el cuadro anterior que cuando la cocona está madura hay mayor aumento de sólidos solubles en comparación a los otros estados, esto se debe a que la cocona ha realizado todo su proceso metabólico, es decir todo los carbohidratos complejos se han convertido ha azúcares sencillos.

Willey (1996) refiere que las frutas transforman casi todo el almidón en azúcares simples en estado de madurez comercial.

Cuadro 4.9: Prueba de Tukey de la variación de sólidos solubles para la condición de almacenamiento de la cocona

| CONDICION     | Subconjunto |       |       |       |
|---------------|-------------|-------|-------|-------|
|               | 2           | 3     | 4     | 1     |
| Tecnopor-cera | 6.692       |       |       |       |
| Refrigeración |             | 6.967 |       |       |
| Tecnopor      |             |       | 7.500 |       |
| Control       |             |       |       | 7.844 |

Como se observa en el cuadro 4.9 la cocona acondicionada en refrigeración y tecnopor-cera las variaciones de sólidos solubles son menores debido a que los procesos metabólicos son más lentos por las bajas temperaturas y por barreras (ceras).

Según Willey (1994) cuando los productos vegetales se almacenan a temperaturas cercanas al punto de congelación hace que se detengan muchas reacciones bioquímicas responsables de las conversiones de moléculas complejas a simples, como el caso de almidones a azúcares sencillos o simples.

Flores (1994) refiere que en las frutas se producen fenómenos durante la maduración como la respiración, el endulzamiento, el ablandamiento y los cambios en el aroma, la coloración y el valor nutritivo, que por ello los ácidos orgánicos se transforman en otros componentes dentro del fruto.

Cuadro 4.10: Análisis de varianza para acidez titulable de la cocona de los tratamientos en estudio (Nivel de confianza 95%)

| Fuente de variación          | Suma de cuadrados | gl  | Media cuadrática | F       | Significancia |
|------------------------------|-------------------|-----|------------------|---------|---------------|
| ESTADO DE LA FRUTA (EF)      | ,625              | 2   | ,312             | 213,558 | ,000          |
| CONDICION DE ALMACENAJE (CA) | ,091              | 3   | ,030             | 20,824  | ,000          |
| TIEMPO (T)                   | ,264              | 3   | ,088             | 60,072  | ,000          |
| EF * CA                      | ,017              | 6   | ,003             | 1,976   | ,077          |
| EF * T                       | ,046              | 6   | ,008             | 5,254   | ,000          |
| CA * T                       | ,047              | 9   | ,005             | 3,587   | ,001          |
| EF * CA * T                  | ,025              | 18  | ,001             | ,962    | ,508          |
| Error                        | ,140              | 96  | ,001             |         |               |
| Total                        | 47,293            | 144 |                  |         |               |
| Total corregida              | 1,257             | 143 |                  |         |               |

Cuadro 4.11: Prueba de Tukey de la variación de acidez titulable para los estados de madurez de la cocona

| ESTADO DE LA FRUTA | Subconjunto |        |        |
|--------------------|-------------|--------|--------|
|                    | 1           | 2      | 3      |
| MADURA             | 0,4960      |        |        |
| PINTONA            |             | 0,5463 |        |
| VERDE              |             |        | 0,6540 |
| Sig.               | 1,000       | 1,000  | 1,000  |

Alfa = .05.

Cuadro 4.12: Prueba de Tukey de la variación de acidez titulable para la condición de almacenamiento de la cocona

| CONDICION     | Subconjunto |        |
|---------------|-------------|--------|
|               | 1           | 2      |
| CONTROL       | 0,5322      |        |
| TECNOPOR      | 0,5506      |        |
| TECNOPOR.CERA |             | 0,5839 |
| REFRIGERACIÓN |             | 0,5950 |
| Sig.          | 0,183       | 0,608  |

Alfa = .05.

#### 4.2.2. En la papaya

En el cuadro 4.10 se presenta los valores promedio de la pérdida de peso, sólidos solubles y acidez titulable de las papayas en sus tres estados bajo las condiciones de almacenamiento (control, tecnopor, tecnopor-cera y refrigeración).

Cuadro 4.13: Valores promedio de pérdida de peso, °Brix y acidez titulable de la papaya según los tratamientos en estudio

| ESTADO DE LA FRUTA | CONDICION DE ALMACENAJE | TIEMPO (Días) | PERDIDA DE PESO (%) | ° BRIX | ACIDEZ TITULABLE |
|--------------------|-------------------------|---------------|---------------------|--------|------------------|
| VERDE              | Control                 | 0             | 0                   | 6,2    | 0,32             |
|                    |                         | 3             | 5,6                 | 7,3    | 0,28             |
|                    |                         | 6             | 7,4                 | 8,7    | 0,22             |
|                    |                         | 10            | 9,5                 | 11,4   | 0,18             |
|                    | Tecnopor                | 0             | 0                   | 6,2    | 0,32             |
|                    |                         | 3             | 2,2                 | 6,6    | 0,29             |
|                    |                         | 6             | 4,2                 | 7,2    | 0,25             |
|                    |                         | 10            | 6,4                 | 9,4    | 0,20             |
|                    | Refrigeración           | 0             | 0                   | 6,2    | 0,32             |
|                    |                         | 3             | 0,8                 | 6,4    | 0,30             |
|                    |                         | 6             | 2,2                 | 6,8    | 0,28             |
|                    |                         | 10            | 2,8                 | 8,4    | 0,25             |
|                    | Tecnopor-cera           | 0             | 0                   | 6,2    | 0,32             |
|                    |                         | 3             | 0,3                 | 6,3    | 0,31             |
|                    |                         | 6             | 0,7                 | 6,5    | 0,29             |
|                    |                         | 10            | 1,2                 | 7,2    | 0,27             |
| PINTONA            | Control                 | 0             | 0                   | 9,4    | 0,24             |
|                    |                         | 3             | 7,1                 | 11,6   | 0,20             |
|                    |                         | 6             | 10,2                | 14,1   | 0,18             |
|                    |                         | 10            | 12,8                | 15,4   | 0,17             |
|                    | Tecnopor                | 0             | 0                   | 9,4    | 0,24             |
|                    |                         | 3             | 3,8                 | 10,2   | 0,22             |
|                    |                         | 6             | 5,7                 | 11,3   | 0,20             |
|                    |                         | 10            | 6,9                 | 12,3   | 0,18             |
|                    | Refrigeración           | 0             | 0                   | 9,4    | 0,24             |
|                    |                         | 3             | 2,9                 | 10     | 0,22             |
|                    |                         | 6             | 4,2                 | 10,9   | 0,20             |
|                    |                         | 10            | 5,4                 | 11,6   | 0,17             |
|                    | Tecnopor-cera           | 0             | 0                   | 9,4    | 0,24             |
|                    |                         | 3             | 1,7                 | 9,6    | 0,23             |
|                    |                         | 6             | 3,3                 | 10,5   | 0,20             |
|                    |                         | 10            | 3,9                 | 11,2   | 0,20             |

Continuación...

| ESTADO DE LA FRUTA | CONDICION DE ALMACENAJE | TIEMPO (Días) | PERDIDA DE PESO (%) | ° BRIX | ACIDEZ TITULABLE |
|--------------------|-------------------------|---------------|---------------------|--------|------------------|
| MADURA             | Control                 | 0             | 0                   | 10,8   | 0,15             |
|                    |                         | 3             | 6,9                 | 12,4   | 0,13             |
|                    |                         | 6             | 10,4                | 13,7   | 0,12             |
|                    |                         | 10            | 12,5                | 14,6   | 0,12             |
|                    | Tecnopor                | 0             | 0                   | 10,8   | 0,15             |
|                    |                         | 3             | 4,1                 | 12,2   | 0,14             |
|                    |                         | 6             | 5,9                 | 13,3   | 0,13             |
|                    |                         | 10            | 7,2                 | 13,8   | 0,12             |
|                    | Refrigeración           | 0             | 0                   | 10,8   | 0,14             |
|                    |                         | 3             | 3,2                 | 11,4   | 0,13             |
|                    |                         | 6             | 4,5                 | 12,1   | 0,13             |
|                    |                         | 10            | 5,9                 | 12,3   | 0,13             |
|                    | Tecnopor-cera           | 0             | 0                   | 10,8   | 0,14             |
|                    |                         | 3             | 1,9                 | 11,2   | 0,14             |
|                    |                         | 6             | 3,2                 | 11,6   | 0,14             |
|                    |                         | 10            | 4,2                 | 11,8   | 0,13             |

Al igual que en la cocona, la papaya por ser una fruta climatérica la velocidad de transpiración esta en función del déficit de vapor, es decir cuanto mayor es la temperatura de almacenaje y sin barreras (ceras) mayor es la pérdida de agua.

En el caso de sólidos solubles van en aumento en las tres estados por la conversión del almidón a azúcares sencillos.

En cuanto a la acidez conforme aumenta el endulzamiento de las frutas por efecto de la conversión de azúcares complejos a simples la acidez disminuye y eso se observa en el cuadro anterior para los tres estados de la fruta en las cuatro condiciones de almacenamiento.



En el cuadro 4.14 se muestra el ANVA para la pérdida de peso de las papayas en los tres estados de la fruta (verde, pintona y madura) bajo las cuatro condiciones de almacenamiento (control, tecnopor, tecnopor-cera y refrigeración)

Cuadro 4.14: Análisis de varianza para la pérdida de peso de la papaya de los tratamientos en estudio (Nivel de confianza 95%)

| Fuente de variación          | Suma de cuadrados | gl  | Media cuadrática | F        | Significancia |
|------------------------------|-------------------|-----|------------------|----------|---------------|
| ESTADO DE LA FRUTA (EF)      | 81.656            | 2   | 40.828           | 2177.500 | .000          |
| CONDICION DE ALMACENAJE (CA) | 544.355           | 3   | 181.452          | 9677.422 | .000          |
| TIEMPO (T)                   | 868.235           | 3   | 289.412          | 15435.29 | .000          |
| EF * CA                      | 4.574             | 6   | .762             | 40.656   | .000          |
| EF * T                       | 29.159            | 6   | 4.860            | 259.189  | .000          |
| CA * T                       | 209.300           | 9   | 23.256           | 1240.296 | .000          |
| EF * CA* T                   | 7.851             | 18  | .436             | 23.263   | .000          |
| Total corregida              | 1746.930          | 143 |                  |          |               |

Como se observa en el cuadro ANVA anterior para la pérdida de peso en papayas en todas las fuentes de variación hay significancia entre ellos. Por lo tanto realizamos la prueba de significación de medias para el estado de la fruta y condición de almacenamiento, que se muestran en los cuadros 4.15 y 4.16 respectivamente.

Cuadro 4.15: Prueba de Tukey de la pérdida de peso para el estado de la papaya

| ESTADO DE LA<br>PAPAYA | Subconjunto |       |       |
|------------------------|-------------|-------|-------|
|                        | 2           | 3     | 1     |
| Verde                  | 2,713       |       |       |
| Pintona                |             | 4,244 |       |
| Madura                 |             |       | 4,369 |
| Significación          | 1,000       | 1,000 | 1,000 |

Alfa = 0,05.

Para el caso de el estado de la papaya se puede observar en el cuadro anterior que cuando la papaya está madura hay mayor pérdida de agua esto se debe a que la papaya se encuentra en su máximo estado climatérico y esta camino a la senescencia.

Yahia e Higuera (1992) refieren que las frutas tiene un proceso respiratorio mas acelerado cuando están con madurez comercial, ya que están paso a la senescencia y muerte del tejido.

Flores (1994) refiere que la papaya es muy perecedera y una manera de alargar la vida útil y mantener su calidad es mediante la refrigeración, a una temperatura de 12°C y una HR mayor a 80%; a estas condiciones la pérdida de agua (transpiración) es muy lenta.

Cuadro 4.16: Prueba de Tukey de la pérdida de peso para la condición de almacenamiento de la papaya

| CONDICION DE ALMACENAJE DE LA PAPAYA | Subconjunto |       |       |       |
|--------------------------------------|-------------|-------|-------|-------|
|                                      | 2           | 3     | 4     | 1     |
| Tecnopor-cera                        | 1,700       |       |       |       |
| Refrigeración                        |             | 2,658 |       |       |
| Tecnopor                             |             |       | 3,875 |       |
| Control                              |             |       |       | 6,867 |
| Significación                        | 1,000       | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Alfa = 0,05.

Se observa en el cuadro 4.16 que para las condiciones de almacenaje en tecnopor-cera y refrigeración para los tres estados de la papaya las pérdidas son menores en comparación a la sometida solo a tecnopor y al control, esto se debe a que las bajas temperaturas y las cubiertas (ceras) disminuyen la velocidad de respiración y por ende la transpiración de las papayas.

El uso de estas películas comestibles es numeroso, diferentes autores han reportado diversas propiedades como la reducción de pérdida de humedad, restricción de entrada de oxígeno, disminución de la respiración, retardo de producción de etileno y acarreamiento de aditivos que retardan la decoloración y crecimiento microbiano, retardo de ganancia de sólidos y mayor pérdida de humedad en deshidratación osmótica. (Baldwin, 1995).

Teniendo en cuenta el cuadro 4.17 sobre la variación de sólidos solubles en la papaya para los tres estados de la papaya (verde, pintona y madura) en las cuatro condiciones de almacenaje (control, tecnopor, tecnopor-cera y refrigeración, se presenta en el cuadro 4.14 el ANVA para los tratamientos en estudio.

Cuadro 4.17: Análisis de varianza para la sólidos solubles (°Brix) de la papaya de los tratamientos en estudio (Nivel de confianza 95%)

| Fuente de variación          | Suma de cuadrados | gl  | Media cuadrática | F        | Significancia |
|------------------------------|-------------------|-----|------------------|----------|---------------|
| ESTADO DE LA FRUTA (EF)      | 609.853           | 2   | 304.926          | 3834.881 | .000          |
| CONDICION DE ALMACENAJE (CA) | 75.275            | 3   | 25.092           | 315.562  | .000          |
| TIEMPO (T)                   | 150.360           | 3   | 50.120           | 630.329  | .000          |
| EF * CA                      | 7.197             | 6   | 1.199            | 15.085   | .000          |
| EF * T                       | 8.417             | 6   | 1.403            | 17.642   | .000          |
| CA* T                        | 43.228            | 9   | 4.803            | 60.406   | .000          |
| EF * CA* T                   | 6.518             | 18  | .362             | 4.554    | .000          |
| Total corregida              | 908.480           | 143 |                  |          |               |

Como se observa en el cuadro 4.17 para la variación de sólidos solubles en papayas en todas las fuentes de variación hay significancia entre ellos. Por lo tanto realizamos la prueba de significación de medias para el estado de la fruta y condición de almacenamiento, que se muestran en los cuadros 4.18 y 4.19 respectivamente.

Cuadro 4.18: Prueba de Tukey de la variación de sólidos solubles para los estados de madurez de la papaya.

| ESTADO        | Subconjunto |        |        |
|---------------|-------------|--------|--------|
|               | 2           | 3      | 1      |
| Verde         | 7.313       |        |        |
| Pintona       |             | 11.073 |        |
| Madura        |             |        | 12.100 |
| Significación | 1.000       | 1.000  | 1.000  |

Cuadro 4.19: Prueba de Tukey de la variación de sólidos solubles para las condiciones de almacenaje de la papaya.

| CONDICION DE ALMACENAJE | Subconjunto |       |        |        |
|-------------------------|-------------|-------|--------|--------|
|                         | 2           | 3     | 4      | 1      |
| Tecnopor-cera           | 9.358       |       |        |        |
| Refrigeración           |             | 9.778 |        |        |
| Tecnopor                |             |       | 10.211 |        |
| Control                 |             |       |        | 11.300 |
| Significación           | 1.000       | 1.000 | 1.000  | 1.000  |

Se puede observar en el cuadro 4.19 las variaciones de los sólidos solubles son menores cuando se acondiciona la papaya en tecnopor-cera y refrigeración en comparación a la condición tecnopor y el control.

Cuadro 4.20: Análisis de varianza para la acidez titulable de la papaya de los tratamientos en estudio (Nivel de confianza 95%)

| Fuente de variación          | Suma de cuadrados | gl  | Media cuadrática | F        | Sig. |
|------------------------------|-------------------|-----|------------------|----------|------|
| ESTADO DE LA FRUTA (EF)      | ,678              | 2   | ,339             | 2357,783 | ,000 |
| CONDICION DE ALMACENAJE (CA) | ,027              | 3   | ,009             | 62,420   | ,000 |
| TIEMPO (T)                   | ,112              | 3   | ,037             | 260,333  | ,000 |
| EF * CA                      | ,006              | 6   | ,001             | 6,768    | ,000 |
| EF * T                       | ,015              | 6   | ,002             | 17,029   | ,000 |
| CA * T                       | ,012              | 9   | ,001             | 9,010    | ,000 |
| EF * CA * T                  | ,004              | 18  | ,000             | 1,705    | ,051 |
| Error                        | ,014              | 96  | ,000             |          |      |
| Total                        | 12,753            | 144 |                  |          |      |
| Total corregida              | ,867              | 143 |                  |          |      |

Cuadro 4.21: Prueba de Tukey de la variación de acidez titulable para los estados de madurez de la papaya.

| ESTADO DE LA FRUTA | Subconjunto |        |        |
|--------------------|-------------|--------|--------|
|                    | 1           | 2      | 3      |
| MADURA             | 0,2075      |        |        |
| PINTONA            |             | 0,2794 |        |
| VERDE              |             |        | 0,3750 |
| Sig.               | 1,000       | 1,000  | 1,000  |

Cuadro 4.22: Prueba de Tukey de la variación de acidez titulable para las condiciones de almacenaje de la papaya.

| CONDICION DE ALMACENAJE | Subconjunto |        |        |
|-------------------------|-------------|--------|--------|
|                         | 1           | 2      | 3      |
| REFRIGERACIÓN           | 0,2675      |        |        |
| TECNOPOR-CERA           |             | 0,2817 |        |
| TECNOPOR                |             |        | 0,2992 |
| CONTROL                 |             |        | 0,3008 |
| Sig.                    | 1,000       | 1,000  | ,935   |

### 4.3 ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN COCONAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO

#### 4.3.1 Variación de la pérdida de peso

En las figuras 4.1, 4.2 y 4.3 se muestran los resultados de la pérdida de peso en cocona verde, pintona y madura respectivamente a diferentes condiciones de almacenamiento como: refrigeración, tecnopor – cera, tecnopor y control a condiciones ambientales. En estos gráficos se puede observar las diferencias de pérdida de peso existentes en función al estado de madurez y la condición de almacenamiento, por un lado las coconas verdes con respecto a las coconas pintonas y maduras pierden peso a mayor velocidad conforme pasan los 3, 6 y 10 días.

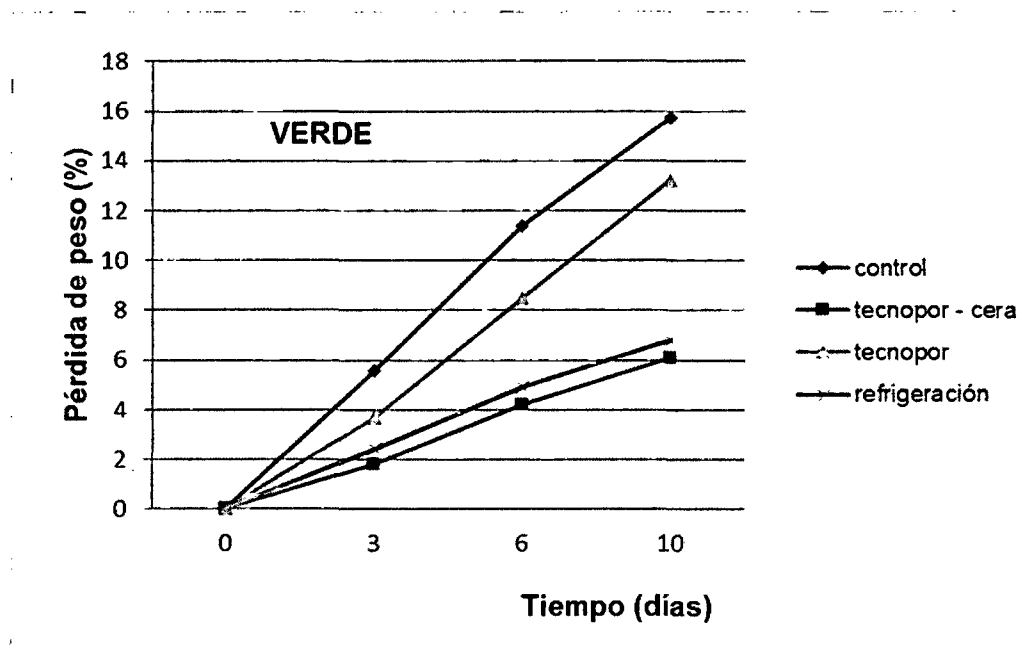


Figura 4.1: Pérdidas de peso de las coconas verdes a diferentes condiciones de almacenamiento

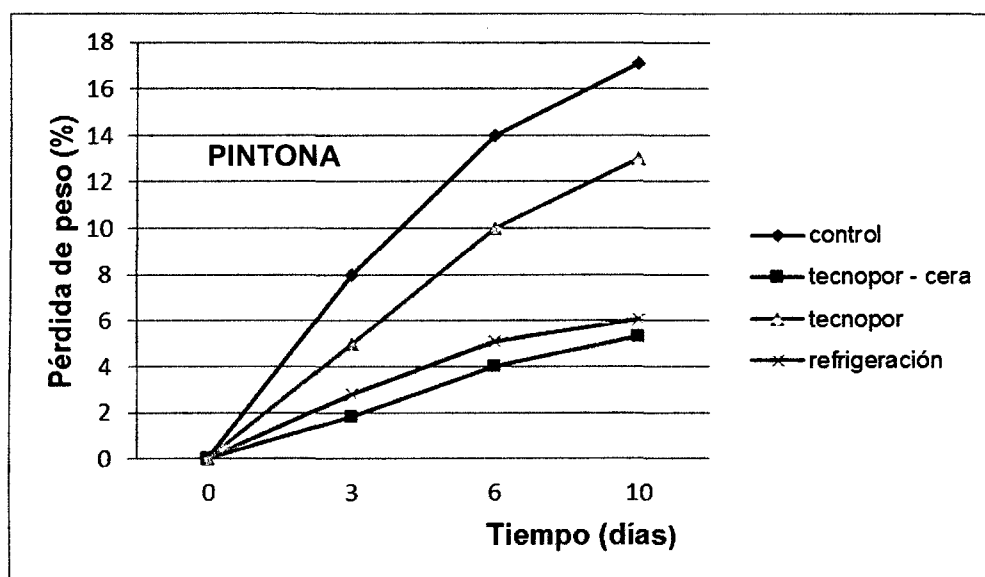


Figura 4.2: Pérdidas de peso de las coconas pintonas a diferentes condiciones de almacenamiento



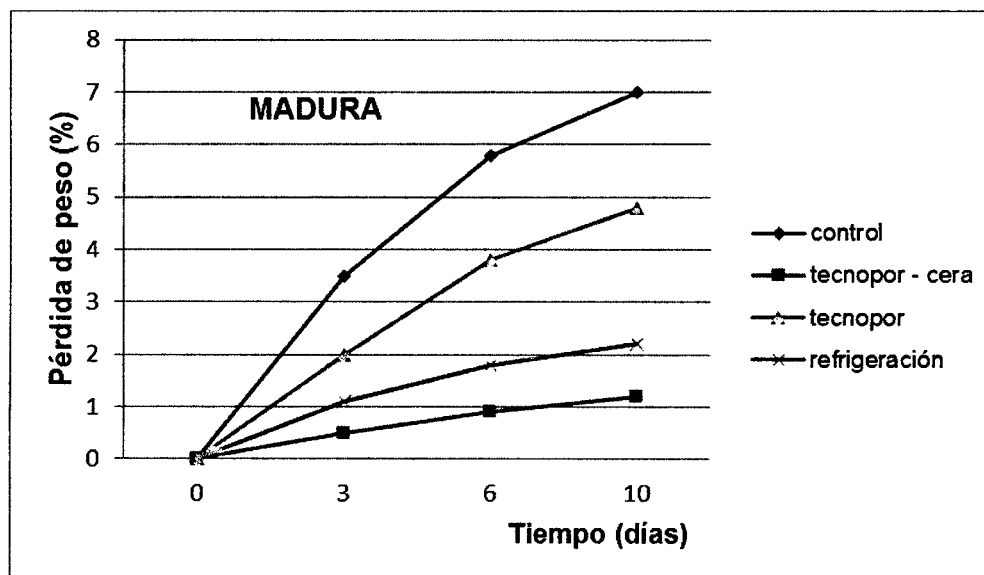


Figura 4.3: Pérdidas de peso de las coconas Maduras a diferentes condiciones de almacenamiento

Por otro lado las coconas recubiertas con cera y embaladas con tecnopor pierden menor peso, perdiendo peso en mayor proporción aquellas que fueron almacenadas en refrigeración y tecnopor. Todas las coconas expuestas a una condición de almacenamiento manifestaron pérdidas menores con respecto a las coconas de control. Asimismo, se puede observar tanto en coconas verdes y pintonas que conforme va pasando los días de almacenamiento estas aumentan su velocidad mostrando una disminución y una tendencia de mantener estable la pérdida al llegar a su estado de madurez (6 y 10 días).

En la figura 4.4, se muestra en términos de porcentaje la variación de pérdida de peso de las coconas verdes, pintonas y maduras; las coconas de control que no tuvieron ninguna capa de recubierta ni tipo de embalaje, presentaron mayor porcentaje de pérdida de peso que aquellas que si la tuvieron. De las coconas acondicionadas a un tipo de almacenamiento, las que fueron almacenadas con tecnopor reflejan que pierden mayor peso que las otras en los tres estados de madurez. Según el estado de madurez, las coconas verdes pierden mayor peso que las coconas pintonas y maduras.

Según lo experimentado Barrera *et al.*, (1999), refiere que la cocona dependiendo de su estado de madurez y bajo condiciones óptimas puede almacenarse por muy largos tiempos. Los cambios manifestados en la pérdida de peso, se debe a que los vegetales son estructuras vivas y realizan procesos de respiración y metabolismo, influenciados a una disminución por factores de temperatura, humedad y tipo de embalaje. Aquellas frutas que fueron enceradas tuvieron menor pérdida de peso que las otras frutas, debido a que los procesos de maduración (respiración) se ven afectadas cuando están frente a una atmósfera controlada, presentándose menor producción e intercambio gaseoso.

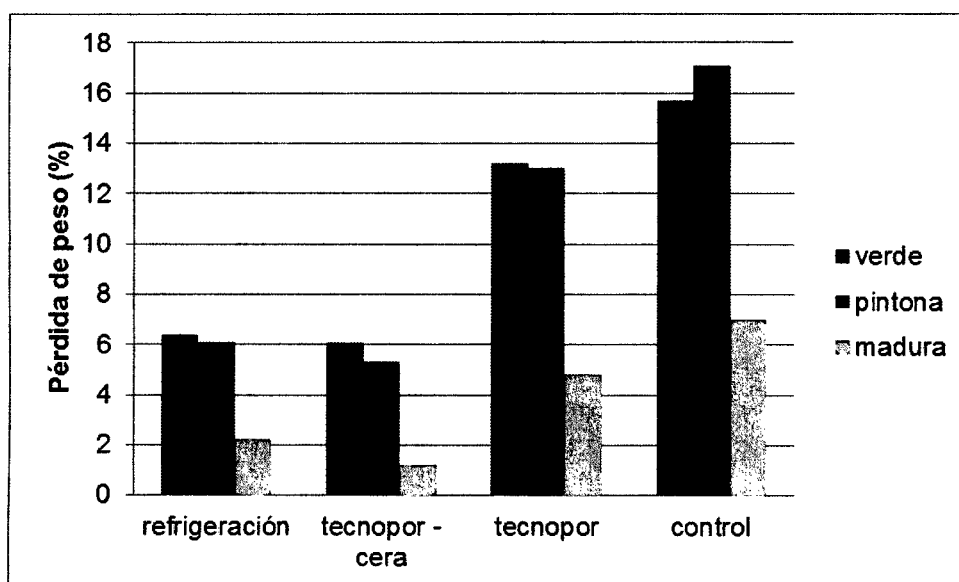


Figura 4.4: Variación de pérdidas de peso de las coconas según estado de madurez a diferentes condiciones de almacenamiento

#### 4.3.2 Variación de los sólidos solubles (°Brix)

En las figuras 4.5, 4.6 y 4.7, se muestra el comportamiento de variación de sólidos solubles (°Brix) en coconas verdes, pintonas y maduras almacenadas a refrigeración, tecnopor-cera, tecnopor y control (temperatura ambiente), en los cuales todos muestran una tendencia ascendente pero en diferentes concentraciones dependiendo de su almacenamiento. Las coconas en los tres estados de madurez recubiertas con cera y embaladas en tecnopor mostraron incrementos menores de sólidos solubles a los 10 días de almacenamiento (0,7; 3,3 y 1,5 °Brix) frente a las coconas que fueron almacenadas en refrigeración y a aquellas embaladas solo con tecnopor (3,1; 5,5 y 4,5 °Brix). La concentración de sólidos solubles en los

tres estados de madurez (verde, pintona y madura) se ve influenciada por las condiciones de almacenamiento, por ejemplo si se compara las coconas control con cualquiera de las coconas dispuestas a un tipo de almacenamiento se observa que éste tiene incremento en mayor proporción, implicando que tiene influencia la temperatura, humedad y las barreras (cera) al proceso de intercambio gaseoso.

Las fluctuaciones en el contenido de sólidos solubles en coconas se observa que tiene influencia el estado de madurez, teniendo mayor aumento y más rápido en las coconas pintonas, seguido las verdes y por último con incrementos bajos y tendencia a estabilizarse las coconas maduras. Estas variaciones se deben según Monteiro Sigríst (1993) a los cambios en la composición de las frutas lo cual se pronuncia con una maduración, proceso en el cual participan diferentes enzimas que transforman progresivamente los almidones en azúcares solubles.

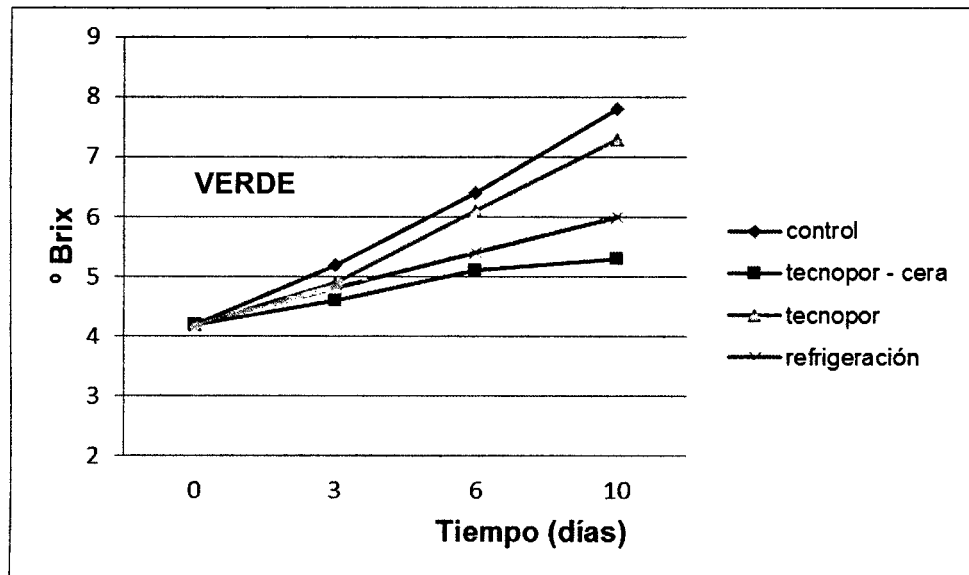


Figura 4.5: Variación de °Brix en coconas verdes a diferentes condiciones de almacenamiento

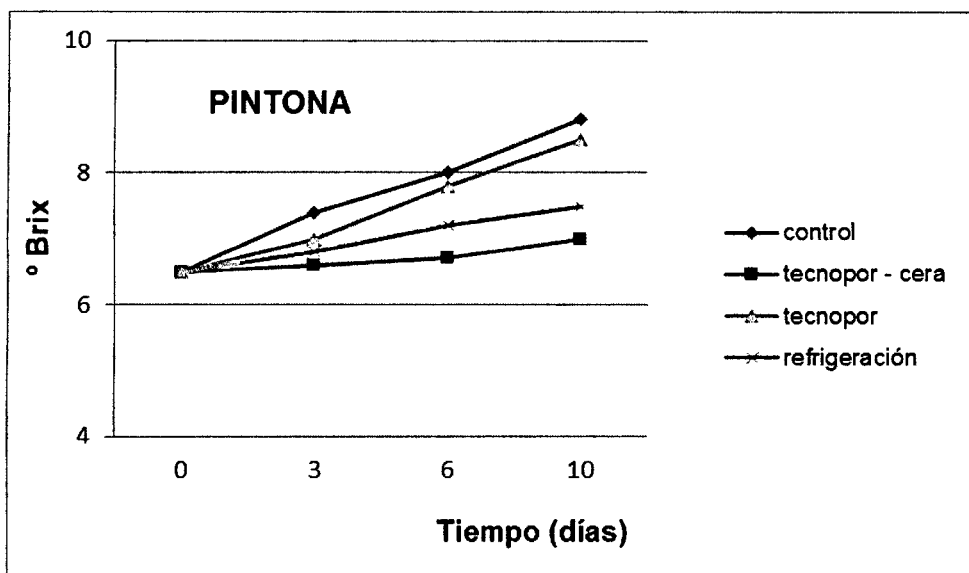


Figura 4.6: Variación de °Brix en coconas pintonas a diferentes condiciones de almacenamiento

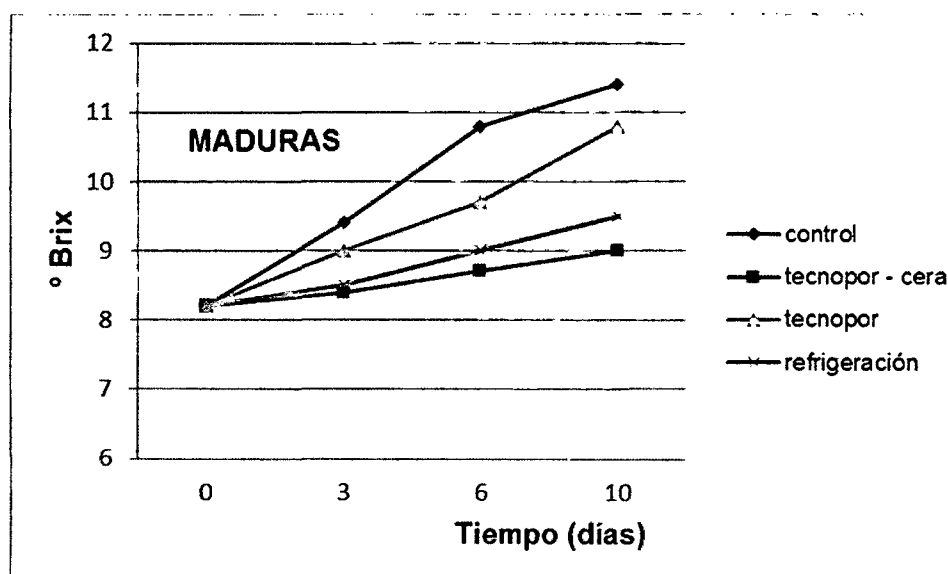


Figura 4.7: Variación de °Brix en coconas maduras a diferentes condiciones de almacenamiento

#### 4.3.3 Variación de la acidez titulable

En las figuras 4.8, 4.9 y 4.10 se muestran los resultados de acidez titulable en coconas almacenadas al medio ambiente (control) y almacenadas a diferentes condiciones como: refrigeración, tecnopor-cera y tecnopor. La tendencia general que describen los gráficos es una disminución del contenido de acidez y las diferencias entre coconas acondicionadas y no acondicionadas (control). Asimismo, se observa que las coconas verdes y pintonas disminuyen su acidez lentamente mientras que las maduras rápidamente, llegando a niveles de 0,326 en verde, 0,215 en pintona y 0,191 en madura.

Los procesos degradativos se aceleran si las condiciones de almacenamiento son desfavorables tales como elevadas temperaturas y niveles altos de oxígeno conforme menciona Molins (1970), esto confirma los resultados obtenidos, donde se observa que en los tres estados de madurez

las coconas sometidas a refrigeración y aquellas que fueron recubiertas con cera experimentaron disminuciones mínimas de acidez.

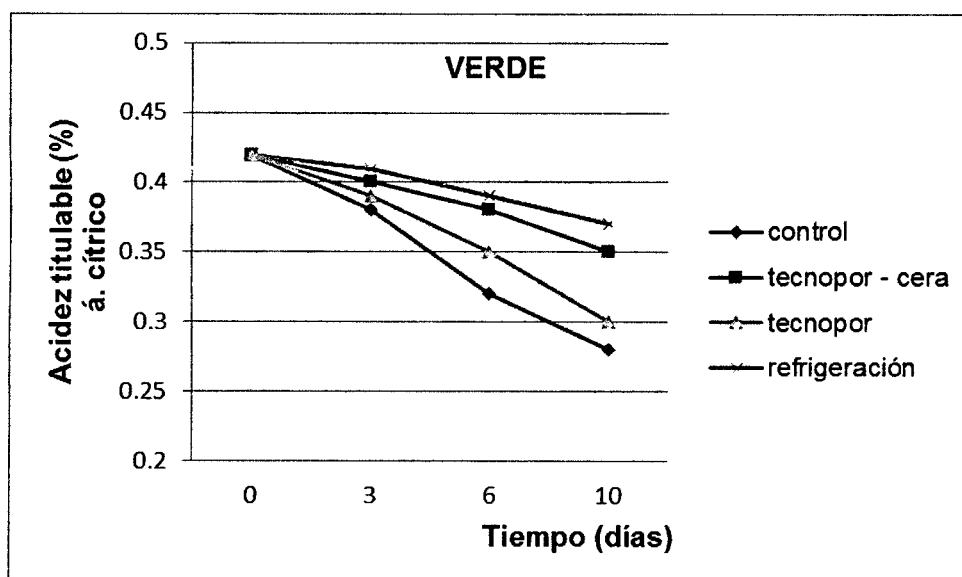


Figura 4.8: Variación de la acidez titulable en coconas verdes a diferentes condiciones de almacenamiento

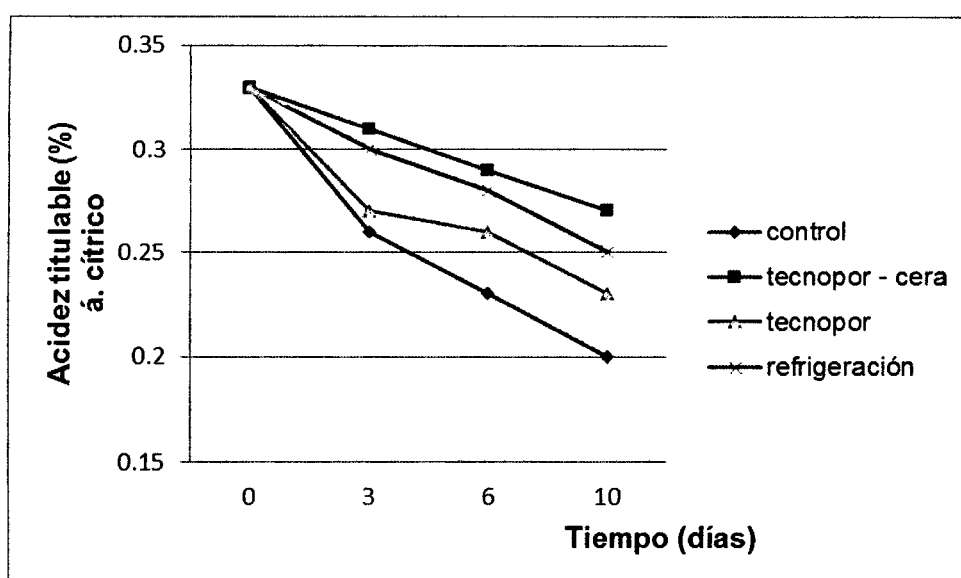


Figura 4.9: Variación de la acidez titulable en coconas pintonas a diferentes condiciones de almacenamiento

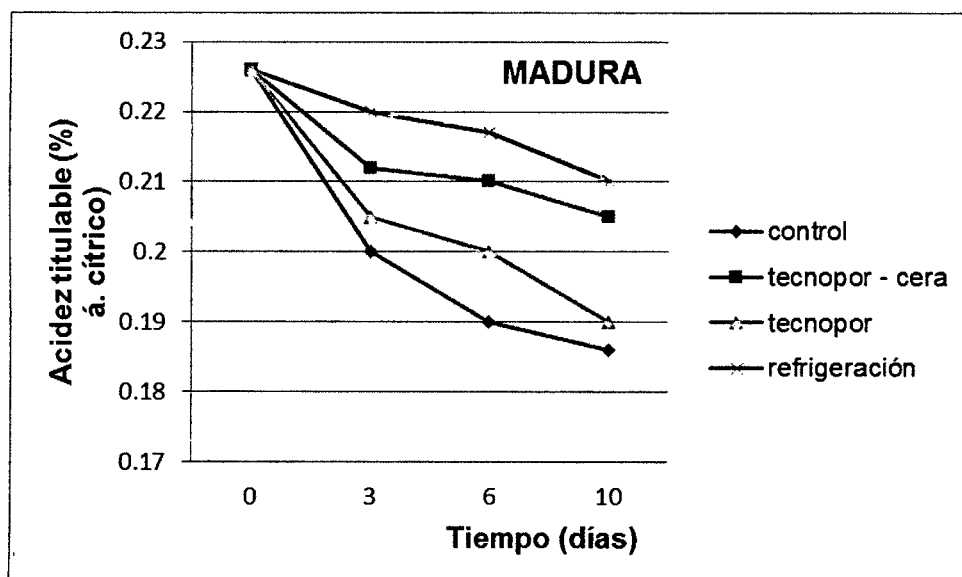


Figura 4.10: Variación de la acidez titulable en coconas maduras a diferentes condiciones de almacenamiento

#### 4.4 ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN PAPAYAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO

##### 4.4.1 Variación de la pérdida de peso

En las figuras 4.11, 4.12 y 4.13 se muestran los resultados de la pérdida de peso en papayas verdes, pintonas y maduras respectivamente a diferentes condiciones de almacenamiento como: refrigeración, tecnopor – cera, tecnopor y control a condiciones ambientales. En estas figuras se puede observar las diferencias de pérdida de peso existentes en función al estado de madurez y la condición de almacenamiento, conforme avanza el proceso de maduración se incrementa la pérdida de peso, indicando así que la papaya es una fruta climatérica conforme manifiestan Aragón *et al* (1984), y de acuerdo a la condición de almacenamiento las papayas pierden peso en menor proporción que las papayas de control, debido a que por ejemplo las



ceras según Flores (1994) impiden la evaporación o que el agua ambiental invada al tejido, asimismo la temperatura aproximada de 5°C conjuntamente con la humedad relativa dentro de la cámara de refrigeración (90%), va a inhibir los procesos bioquímicos y disminuir la velocidad de transpiración en mayor porcentaje que estando la fruta embalada con tecnopor por tener éste una alta tasa de permeabilidad. En caso de esta fruta en comparación con las coconas, la pérdida de peso se presenta en mayor porcentaje, por ser la papaya una fruta de mayor área superficial y volumen.

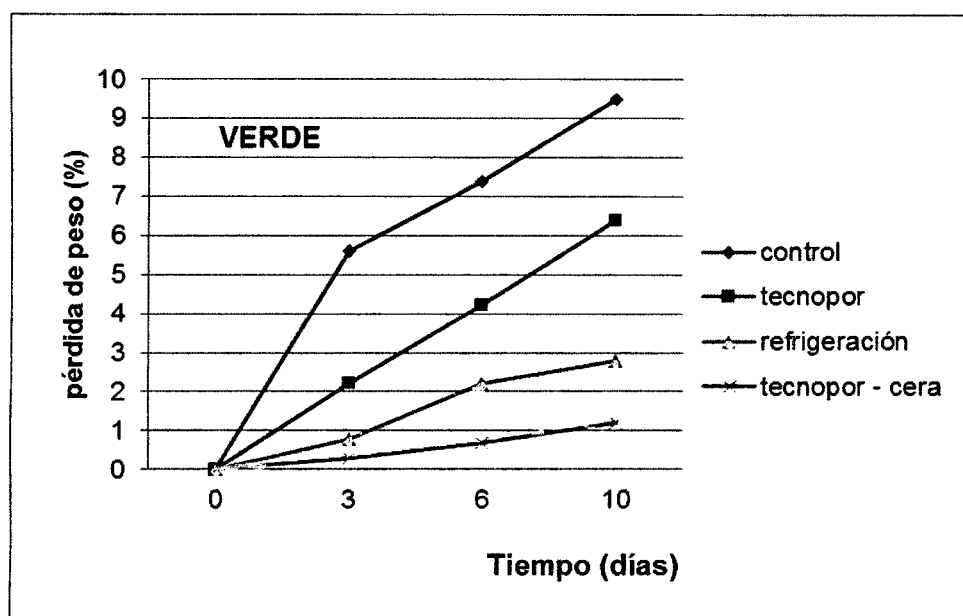


Figura 4.11: Pérdida de peso de las papayas verdes en diferentes condiciones de almacenamiento

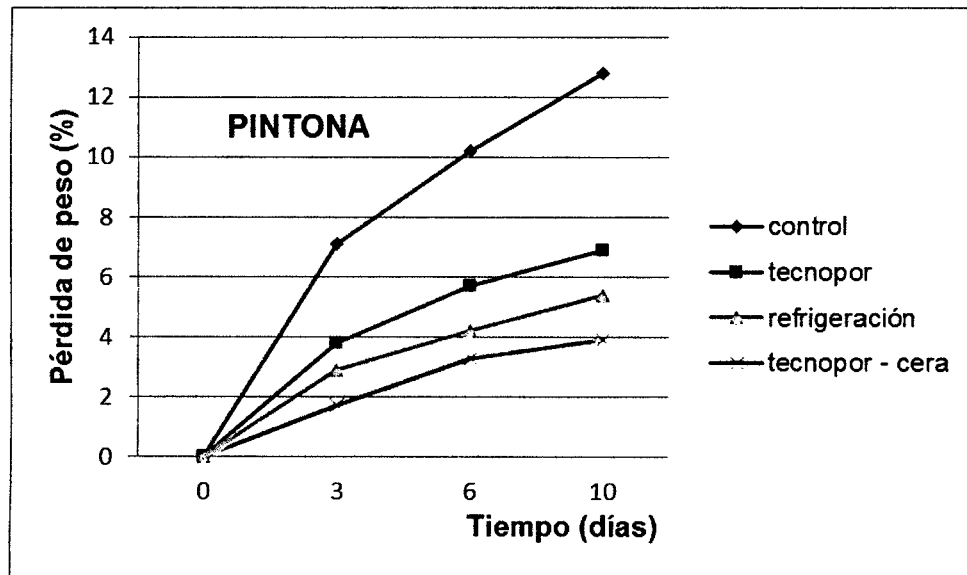


Figura 4.12: Pérdida de peso de las papayas pintonas en diferentes condiciones de almacenamiento

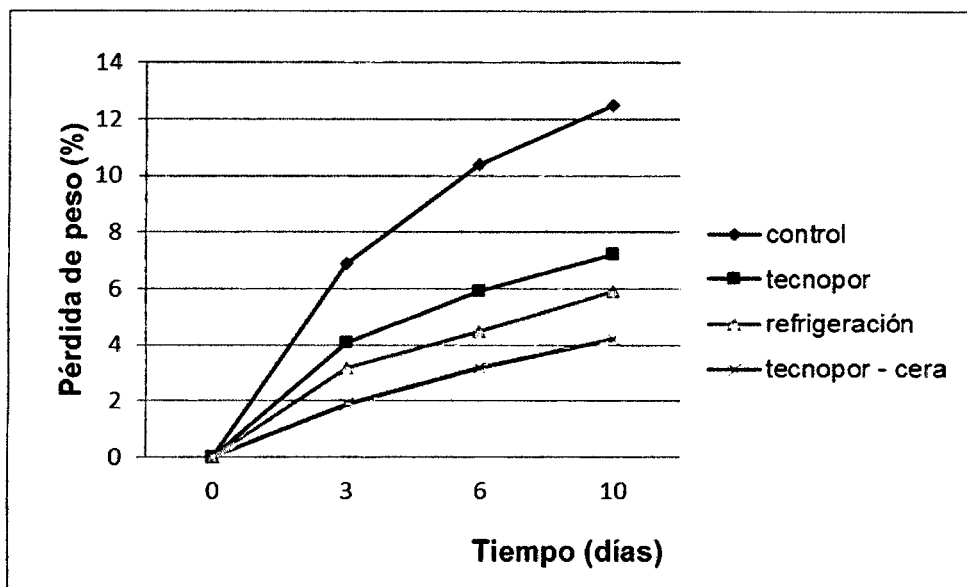


Figura 4.13: Pérdida de peso de las papayas maduras en diferentes condiciones de almacenamiento

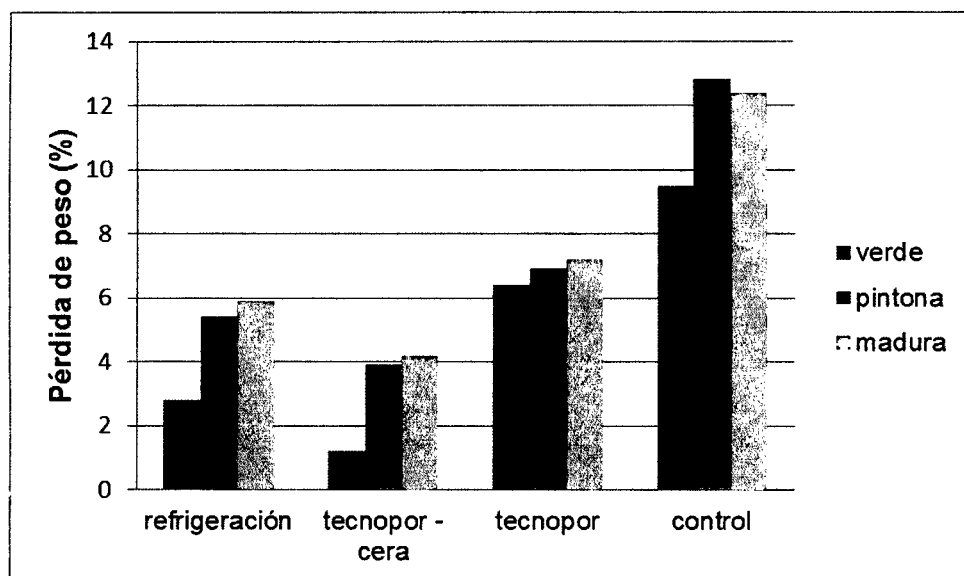


Figura 4.14: Variación de pérdidas de peso en porcentaje de papayas según estado de madurez a diferentes condiciones de almacenamiento

#### 4.4.2 Variación de los sólidos solubles (°Brix)

En las figuras 4.15, 4.16 y 4.17, se muestran el comportamiento de variación de sólidos solubles (°Brix) en papayas verdes, pintonas y maduras almacenadas a refrigeración, tecnopor-cera, tecnopor y control (temperatura ambiente), en los cuales todos muestran una tendencia ascendente pero en diferentes concentraciones dependiendo de su estado de madurez y condición de almacenamiento. Se puede observar que las papayas verdes recubiertas con cera y embaladas con tecnopor mostraron incrementos menores de sólidos solubles a los 3, 6 y 10 días de almacenamiento (6,3; 6,5 y 7,4 °Brix) frente a las papayas que fueron almacenadas en refrigeración (6,6; 7,2 y 8,7 °Brix) y a aquellas embaladas con tecnopor (6,9; 7,9 y 9,9 °Brix). La concentración de sólidos solubles en los tres estados de madurez (verde, pintona y madura) se ve influenciada por las condiciones de

almacenamiento, si se compara las papayas control con cualquiera de las papayas dispuestas a un tipo de almacenamiento se observa que éste tiene incremento en mayor proporción, implicando que tiene influencia la temperatura, humedad y las barreras (cera) al proceso de intercambio gaseoso. Los sólidos solubles en las papayas maduras es ascendente pero en menor proporción que en estado verde y pintona, por ser esta etapa de madurez de senescencia y de decaimiento de la respiración, conforme menciona Kidd y West (1974).

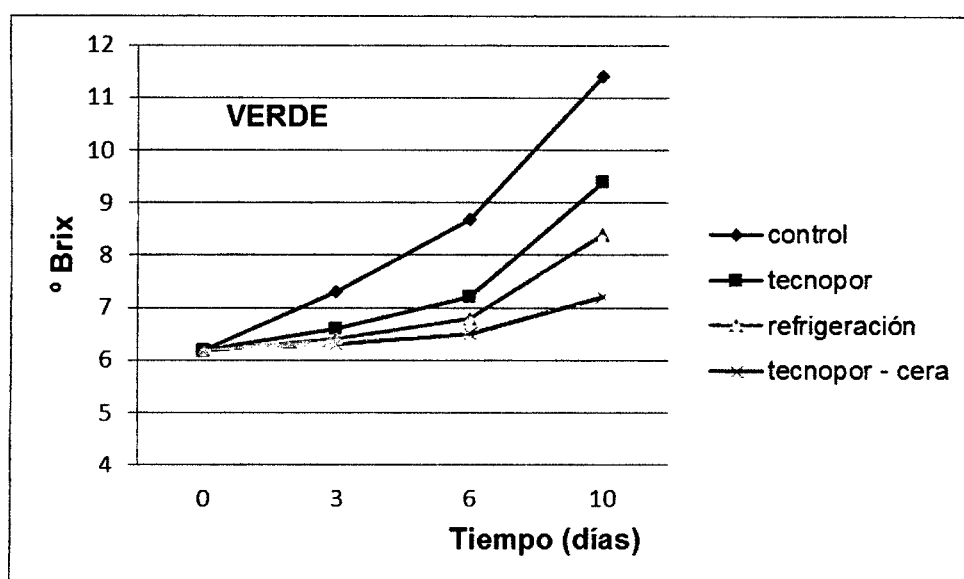


Figura 4.15: Variación de °Brix en papayas verdes a diferentes condiciones de almacenamiento

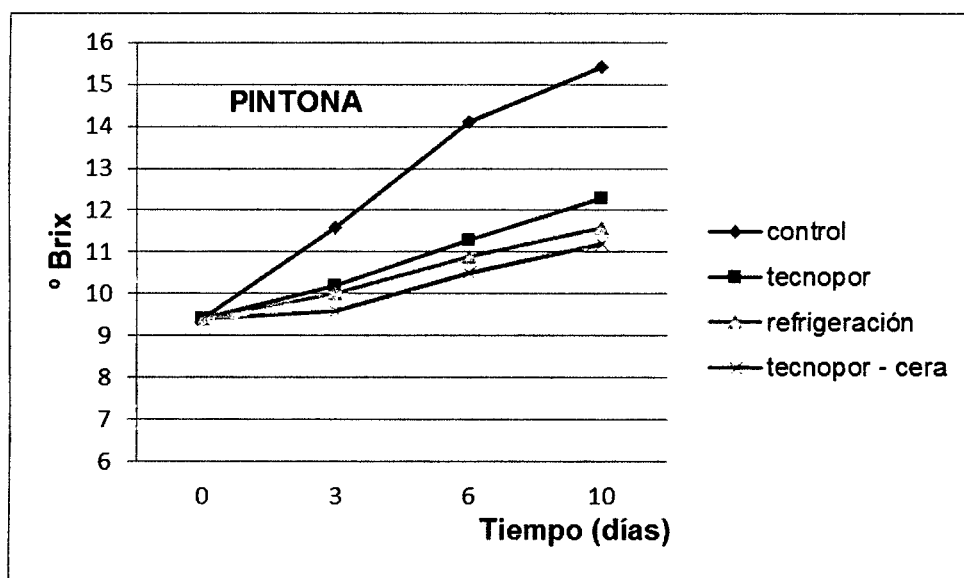


Figura 4.16: Variación de °Brix en papayas pintonas a diferentes condiciones de almacenamiento

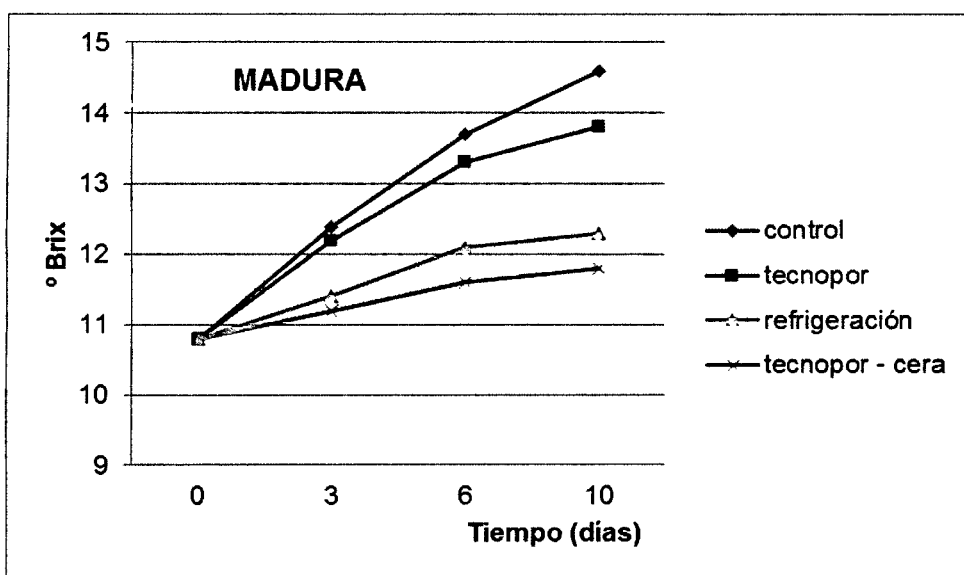


Figura 4.17: Variación de °Brix en papayas maduras a diferentes condiciones de almacenamiento

#### **4.4.3 Variación de la acidez titulable**

En las figuras 4.18, 4.19 y 4.20 se muestran los resultados de acidez titulable en papayas almacenadas al medio ambiente (control) y almacenadas a diferentes condiciones como: refrigeración, tecnopor-cera y tecnopor. La acidez tiene una relación inversa con respecto a la tendencia de los sólidos solubles (°Brix), es decir, mientras los sólidos solubles aumentan, la acidez disminuye; este comportamiento se manifiesta en forma similar que en las carambolas, esto ocurre porque son frutas climatéricas y tener mayor tasa de respiración. Decrecimiento durante la maduración, al ser consumidos por respiración y convertidos en azúcares. Pudiéndose considerar a los ácidos según Vinicio Sáenz (1992) como una fuente de reserva de energía del fruto. Por un lado este comportamiento se manifiesta por tener la papaya una piel delgada y tener mayor área de intercambio gaseoso, según describen Juárez y Ninoska (1978), por otro lado según las figuras los cambios en la acidez se manifiestan en mayor proporción conforme varía el tipo de almacenamiento; por ejemplo las papayas recubiertas con ceras tienen ligeros cambios en comparación con aquellas testigo o control (almacenadas a condiciones ambientales), de la misma manera, las papayas que fueron almacenadas a temperaturas bajas (5°C) y humedades relativas altas (90%) experimentaron cambios por encima de las recubiertas con cera pero por debajo con respecto a las papayas control.

Los resultados demuestran que además del comportamiento con respecto a las condiciones de almacenamiento también influyen el estado de madurez

en los cuales se han almacenado, llegando a niveles bajos de velocidad de disminución en aquellas papayas maduras, en cambio en las papayas pintonas más rápido inclusive que las verdes. Estos cambios se manifiestan, debido a que al nivel del estado de madurez los frutos disminuyen su tasa de respiración y por ende los fenómenos o procesos bioquímicos.

Según Potter (1978), los alimentos almacenados 10°C por debajo del medio ambiente, hace que los productos dupliquen o hasta triplican su vida útil.

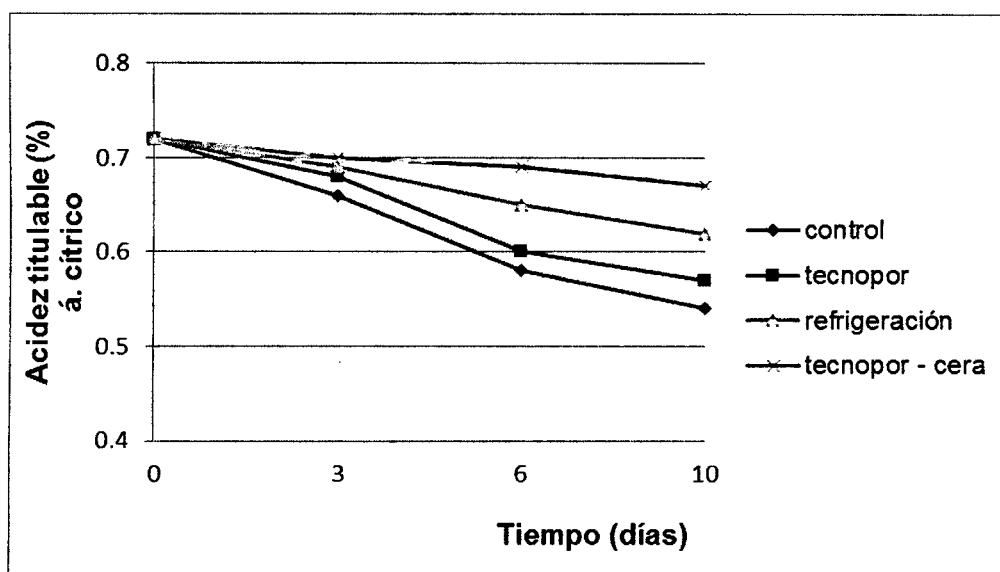


Figura 4.18: Variación de la acidez titulable en papayas verdes a diferentes condiciones de almacenamiento

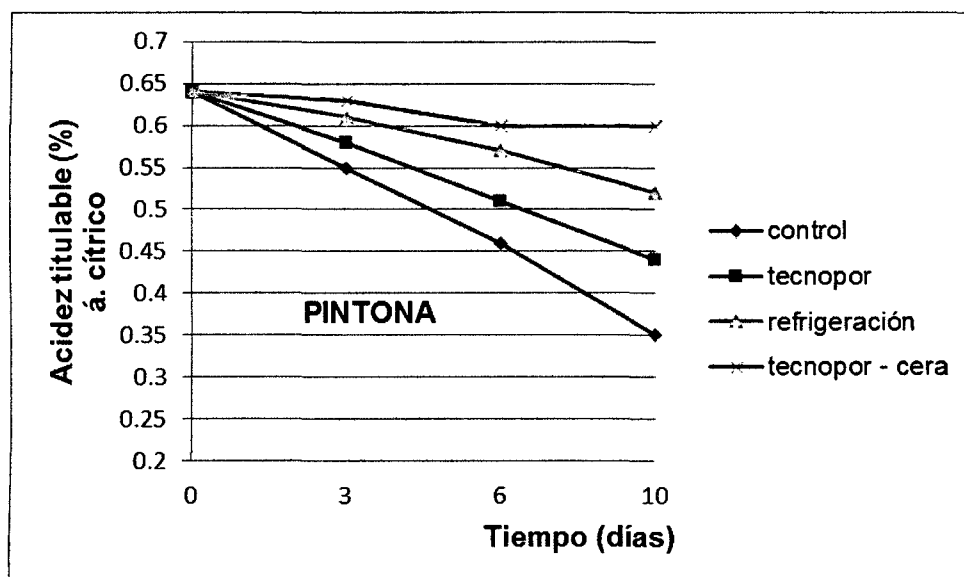


Figura 4.19: Variación de la acidez titulable en papayas pintonas a diferentes condiciones de almacenamiento

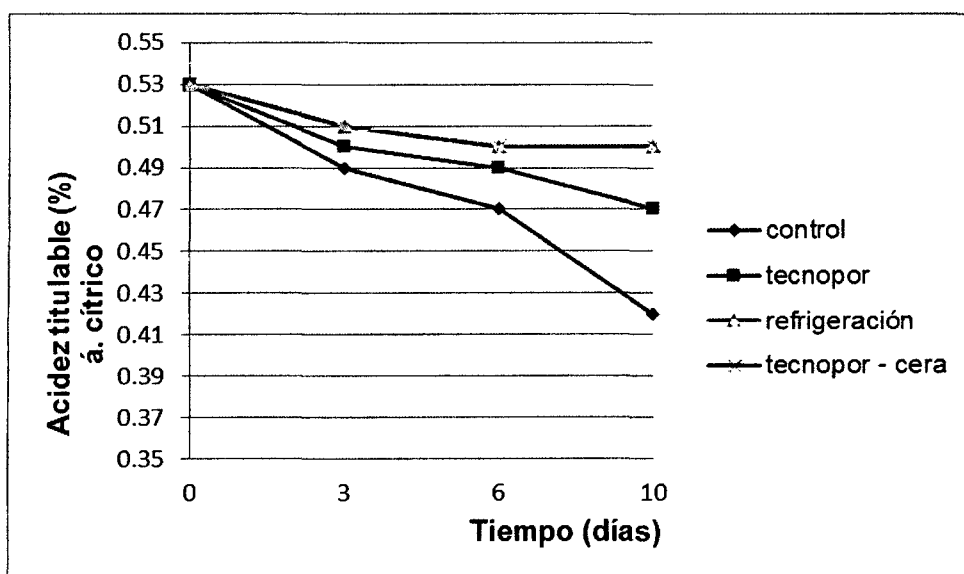


Figura 4.20: Variación de la acidez titulable en papayas maduras a diferentes condiciones de almacenamiento



Teniendo en cuenta las condiciones de almacenamiento (control, tecnopor, tecnopor-cera y refrigeración) para los tres estados de madurez (verde, pintona y madura) de la cocona y papaya, los valores de DPV (Déficit de presión de vapor) para cada caso son los siguientes:

➤ Control

Almacenamiento a temperatura ambiente:  $T = 20^{\circ}\text{C}$  y HR 70% promedio

Del anexo 1, la  $PV_{\text{agua}} = 12,28 \text{ mm Hg}$

El DPV será igual a  $3,68 \text{ mm Hg}$

➤ Tecnopor y tecnopor-cera

Almacenamiento a temperatura ambiente:  $T = 20^{\circ}\text{C}$  y HR 65% promedio

$PV_{\text{agua}} = 10,876 \text{ mm Hg}$

El DPV será igual a  $3,81 \text{ mm Hg}$

➤ Refrigeración

Almacenamiento a temperatura ambiente:  $T = 5^{\circ}\text{C}$  y HR 90% promedio

$PV_{\text{agua}} = 5,89 \text{ mm Hg}$

El DPV será igual a  $0,59 \text{ mm Hg}$

En esas condiciones los frutos tienden a perder mayor humedad o agua en el control, luego en cuando se acondiciona en tecnopor y tecnopor-cera y en menor cantidad en refrigeración.

El DPV es mayor a altas temperaturas con una HR igual, por cuanto la cantidad de humedad que el aire puede contener antes de saturarse, aumenta a medida que aumenta la temperatura.

Con una temperatura constante, al aumentar la HR baja el DPV, porque al aumentar la HR del aire, el vapor de agua no se mueve hacia él.

Con una HR constante, al aumentar la temperatura, aumenta el DPV. Al aumentar la temperatura del aire se vuelve mas seco o aumenta su capacidad de absorber agua, por tanto aumenta la deshidratación del producto.

Flores (1994) precisa que el DPV es la diferencia entre la presión de vapor del producto y la del aire que lo rodea. Las variaciones del DPV tienen consecuencias importantes en el enfriamiento de productos frescos.

En función a las evaluaciones realizadas se puede recomendar que la papaya y cocona para los tres estados de madurez (verde, pintona y madura) acondicionadas en tecnopor-cera y refrigeración conservan mejor sus propiedades fisicoquímicas, ya que las fluctuaciones de pérdida de peso (transpiración), sólidos solubles y acidez titulable son muy bajas en comparación para la acondicionada en tecnopor y el control en los 10 días de almacenaje.

Flores (1994) afirma que al aplicar temperaturas bajas se debe tener cuidado que la humedad relativa no sea demasiada alta, porque pequeñas fluctuaciones pueden ocasionar excesiva condensación en las superficies de enfriamiento y acentuar la pérdida de humedad del producto.

Según Ibarz (2005) un descenso de la temperatura de almacenamiento lleva asociado que las reacciones de deterioro disminuyan su velocidad, con lo que el alimento alarga su vida útil. Cuanto menor sea la temperatura menor será la velocidad de deterioro, lo que indica que es bueno rebajar la temperatura al máximo, siempre que sea superior a la congelación para evitar reacciones indeseables.

## **V. CONCLUSIONES**

- 5.1 De los tres estados de madurez de las frutas se determinó como óptimo para una mejor conservación: verde para la papaya (6,2°Brix y 0,32 % acidez titulable) y pintona para la cocona (6,5 °Brix y 0,64% acidez) recubiertas con cera y embaladas con tecnopor.
- 5.2 La menor velocidad de transpiración se presentó en los frutos recubiertos con cera y embaladas con tecnopor y en refrigeración, los cuales a los 10 días de almacenamiento mostraron buena apariencia y valor comercial.
- 5.3 La papaya en los tres estados de madurez mostró tener mayor velocidad de maduración que la cocona, perdiendo su vida útil a los 3 días de almacenamiento en las papayas maduras embaladas solo con tecnopor.
- 5.4 A bajas concentraciones de azúcar (6,2°Brix) y elevadas concentraciones de acidez (0,64%) inicial de los frutos climatéricos (cocona y papaya) en estado verde y embaladas con tecnopor respectivamente, influyen directamente incrementando la presión de vapor de saturación y velocidad de transpiración hasta niveles máximos de madurez.
- 5.5 Los frutos almacenados en refrigeración (5°C y 85-90% HR) presentan tasas de velocidad de transpiración ligeramente superiores a los frutos recubiertos con cera y acondicionadas en tecnopor almacenadas a condiciones ambientales.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- 6.1 Realizar investigaciones en condiciones de atmósfera modificada y usando diversos tipos de envases como: vidrio, aluminio, etc.
- 6.2 Realizar trabajos de investigación a fin de prolongar más la vida útil de frutos empleando nuevas alternativas de almacenamiento, como atmósferas controladas y/o modificadas.
- 6.3 Realizar estudios de simulación de la predicción de vida útil del producto empleando nuevos modelos matemáticos con mayor ajuste a lo obtenido.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 7.1 AOAC. (1993). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15<sup>th</sup>. Washington D.C AOAC. 1990. 69-79 p.
- 7.2 Aragón, N. C. (1984). Almacenamiento de frutas y hortalizas. Sistema Nacional para el abasto. Secretaría de educación Pública. Comisión Nacional de Fruticultura. México.
- 7.3 Arévalo Gardini. E. (1993). Fitopatología Tropical. Área de sanidad Vegetal-Fitopatología. Universidad nacional Agraria de la Selva. Tinto María. Perú.
- 7.4 Arriola, MC. De; Madrid, M.C DE y Rolz, C. (1975). Some physical and chemical changes in papaya during its storage. Proc. Trop. Reg. Am. Soc. Hortic. Sci. 19:97.
- 7.5 Baldwin, E., et al. 1995. Use of Edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. Critical reviews in Food Science and Nutricion, 35(6):509-524.
- 7.6 Barrera J.; M.S. Hernández; S. Murcia y M. Fajardo. 1999. Cambios fisiológicos y fisicoquímicos durante el desarrollo de la fruta de cocona (*Solanum sessiliflorum* D.) En: *Memorias VI congreso de la sociedad colombiana de fitomejoramiento y producción de cultivos*. Villavicencio-Meta.
- 7.7 Barrera, J.A. 2000. Parámetros e índices de recolección de frutas amazónicas promisorias en la Amazonía occidental colombiana En: *Memorias seminario taller tecnologías de recolección y manejo*

postcosecha de frutas amazónicas con potencial económico y comercial en la Amazonía occidental colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas 'SINCHI'. Universidad de la Amazonía. Florencia-Caquetá.

- 7.8 Berlinjn, Johan D. (1990). Fruticultura. Manuales para la educación agropecuaria. Edit. Trillas. México.
- 7.9 Biale, J.B. (1960). Respiration of fruits. In: RHULAND, W. Handbuch der Pflanzenphysiologie XII.
- 7.10 Broughton, W.J & Guat, T. (1979). Storage conditions and ripening of the custard apple. Scientia Horticulturas.
- 7.11 Calzada, M.S. (1988) Frutas y hortalizas promisorias de la amazonía. Tratado de cooperación amazónica.
- 7.12 Cereda, E. et al. (1976). Conservación del maracuyá para consumo en natural. Acta Hort., 57:145-150.
- 7.13 Crucifix, D. 1986. Water loss. Syllabus of the Post-harvest Fruti, Vegetabl & Root crop Tecnology Course. Tropical Development & Research Institute. London.
- 7.14 Debeaufort, F. et al. 1998. Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review. Critical reviews and Food Science. 38(4):299-313.
- 7.15 Duarte Urias, M. A. (1992). Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Sonora. México.
- 7.16 Enciclopedia Microsoft Encarta (2001) "Papaya. 1993-2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

- 7.17 Erikson, L. C. y Yamashita, T. (1964). Effect of temperature on the ripening of "Hass avocados. Calif. Avocado Soc. Yearbook.
- 7.18 Fennema., O. R. (1985). Química de Alimentos. Marcel Dekker, Inc. New York.
- 7.19 Flores, A. 1994. Manejo pos cosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. Experiencia y recomendaciones. UNELLEZ. San Carlos. Venezuela.
- 7.20 Guilbert, S. 1986. Technology and Application of Edible Protective Films. En "Food Packaging and preservation Theory and Practice". Editado por Mathlouthi, M. Ed. Elsevier Applied Science Publishers, Estados Unidos.
- 7.21 Hardenburg, R.E *et al* (1986). The Comercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stokc. United States Departament of Agriculture.
- 7.22 Infoagro (2002). Revista mensual agropecuaria. Lima. Perú.
- 7.23 Kader, A.A. (1979). Respiration. Syllabus of the Postharvest Physiology and Hanling of Horticultural Commodities Course. University of California. Davis, CA. U.S.A.
- 7.24 Kidd, F. y West, C. (1984). The course of respiratory activity throughout the life of an apple Great Britain Dept. Sci. Ind. Res. Food Invest. Bd.
- 7.25 Medlicott, A.P. (1986). Fruit ripening. Syllabus of the Post-harver Fruit, Vegetable & Root Crop Technology Course. Tropical Development & Research Institute, London.



- 7.26 Mitchell, F.G.; Guillou, R. y Parsons, R. A. (1972). Commercial Cooling of Fruits and vegetables. California Agricultural Experiment Station. University of California, Davis, CA, USA.
- 7.27 Monteiro, S. M. (1993). Tecnología de Postcosecha de frutas y hortalizas Instituto de tecnología de Alimentos. Campinas. Brasil.
- 7.28 Nelson, M. (1979). Postharvest biology of modified atmospheres – horticultural aspects. Course University of California, Davis, CA, U.S.A.
- 7.29 Pérez Gago, B; Del Río, M y Rojas-Argudo, C. 2012. Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. Edit. Research Gate. España.
- 7.30 Ryall, A.L & Lipton, W. (1972). Handling and Storage of Fruits and Vegetables. Vol. 1. Vegetable and Melons.
- 7.31 Ryall, A.L y Pentzer, W.T. (1974). Handling, Transportation and Storage of Fruits and vegetables. Vol. 2. Fruits. The AVI Publ. Co. Westport, CT. 545 p.
- 7.32 Silva Filho, D.F.; Anunciação Filho, C.J.; Noda, H.; Reis, O.V. (1996). Variabilidad genética en poblaciones naturales de cocona del Amazonas. *Horticultura Brasileira*. 14(1):9-15.
- 7.33 Silva Filho, D.F. (1998). Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal): cultivo y utilización. TCA, Caracas – Venezuela. 104 pp.
- 7.34 Villachica, H. 1996. Frutales y Hortalizas promisorios de la Amazonía. Lima.
- 7.35 Vinicio Sáenz (1988). Laboratorio postcosecha. Centro de investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica.

- 7.36 Willey, R. 1996. Definition of minimally processed refrigerated fruits and vegetables. En: Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Ed. R.C. Willey. Edit. Chapman and Hall. N. Y. Chap 1: 10-12.
- 7.37 Wills, R.H.; T.H. Lee; W.B. McGlasson; E.G. Hall y D. Graham. 1984. Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. España.
- 7.38 Yahia E. e Higuera I. (1992). Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Edit. Limusa. S.A. México.

#### **PAGINAS WEB**

- <http://www.multiceras.com.mx>
- [www.antartic.cl/FrameSet-15.htm](http://www.antartic.cl/FrameSet-15.htm)
- [www.botanical-online.com/papayas](http://www.botanical-online.com/papayas)

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

**Relación entre la temperatura, humedad relativa, presión de vapor y déficit de presión de vapor.**

| <b>Temperatura y<br/>Humedad relativa</b> | <b>Presión de vapor<br/>(mmHg)</b> | <b>Déficit de presión de<br/>vapor<br/>(mmHg)</b> |
|-------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>0°C</b>                                |                                    |                                                   |
| 100%                                      | 4.58                               | 0                                                 |
| 90%                                       | 4.12                               | 0.46                                              |
| 70%                                       | 3.21                               | 1.37                                              |
| 50%                                       | 2.29                               | 2.29                                              |
| <b>3°C</b>                                |                                    |                                                   |
| 100%                                      | 5.69                               | 0                                                 |
| 90%                                       | 5.12                               | 0.57                                              |
| 70%                                       | 3.98                               | 1.71                                              |
| 50%                                       | 2.84                               | 2.85                                              |
| <b>5°C</b>                                |                                    |                                                   |
| 100%                                      | 6.54                               | 0                                                 |
| 90%                                       | 5.89                               | 0.65                                              |
| 70%                                       | 4.58                               | 1.96                                              |
| 50%                                       | 3.27                               | 3.27                                              |
| <b>10°C</b>                               |                                    |                                                   |
| 100%                                      | 9.21                               | 0                                                 |
| 90%                                       | 8.29                               | 0.92                                              |
| 70%                                       | 6.45                               | 2.76                                              |
| 50%                                       | 4.6                                | 4.61                                              |
| <b>20°C</b>                               |                                    |                                                   |
| 100%                                      | 17.54                              | 0                                                 |
| 90%                                       | 15.79                              | 1.75                                              |
| 70%                                       | 12.28                              | 5.26                                              |
| 50%                                       | 8.77                               | 8.77                                              |

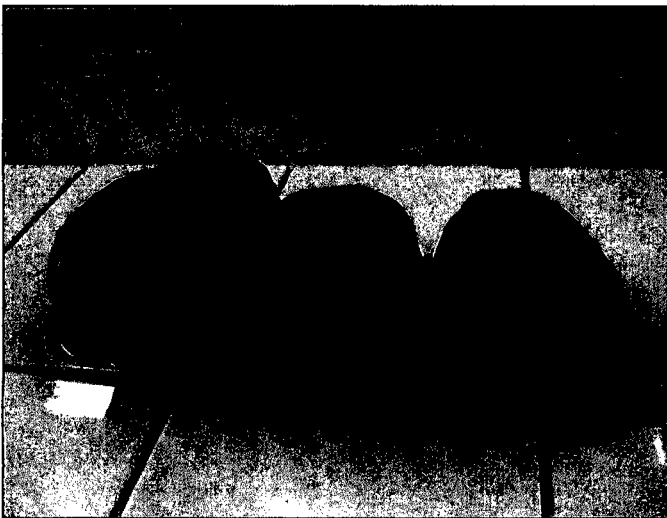
Fuente: Hardenburg *et al* (1986)

## ANEXO 2

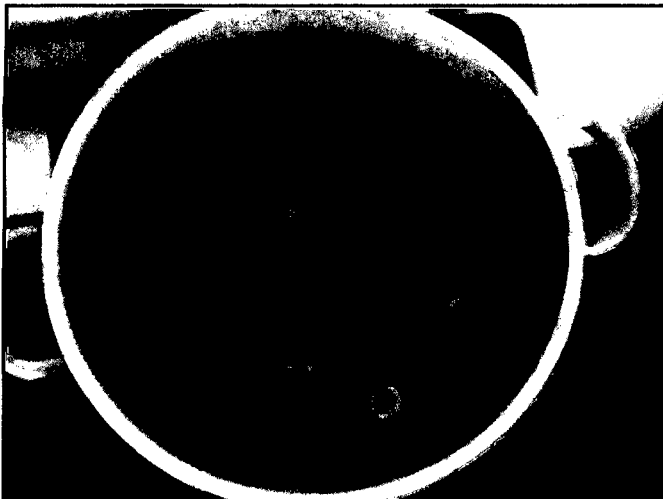
### Resumen fotográfico del trabajo de investigación



La materia prima empleada fue la cocona proveniente del VRAE - Ayacucho.



La materia prima empleada fue la papaya proveniente del VRAE - Ayacucho.



Se lavaron los frutos para eliminar impurezas adheridas



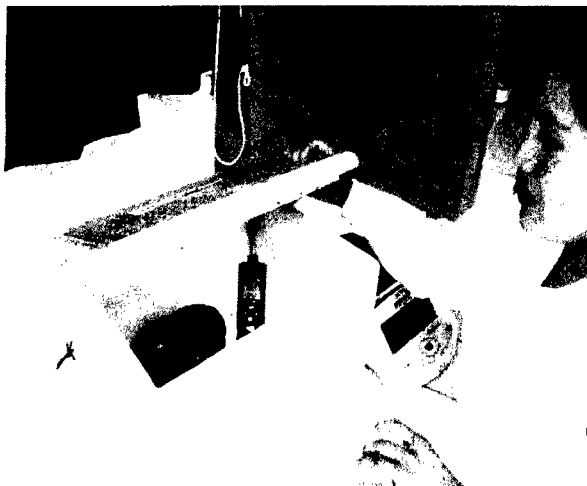
Se acondicionó las  
frutas en tecnopor



Se acondicionó las  
frutas en refrigeración



Triturando la  
papaya para medir  
el pH y los °Brix



Tomando la humedad  
relativa en el experimento  
tecnopor



Tomando la humedad relativa  
en el experimento en  
refrigeración



Leyendo los °Brix de la  
papaya



Midiendo el pH de la papaya

