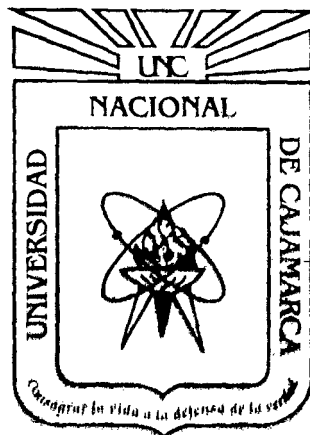


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



FISIOLOGIA Y MANEJO POST COSECHA DE LA PAPAYA (*Carica papaya* L.).

TRABAJO MONOGRÁFICO

PARTE COMPLEMENTARIA DE LA MODALIDAD "D"

EXAMEN DE HABILITACIÓN PROFESIONAL MEDIANTE CURSOS DE
ACTUALIZACIÓN.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

Luis Orlando Alvarado Gómez.

ASESORES:

Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta.

Ing. Miguel Sánchez García

Cajamarca-Perú

2013

Q02
A 472



Universidad Nacional de Cajamarca

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962
"Norte de la Universidad Peruana"



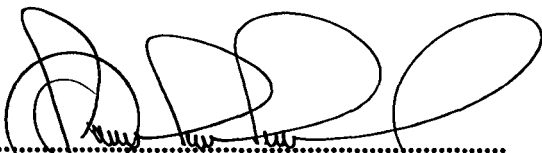
Facultad de Ciencias Agrarias
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Departamento Académico de Agronomía
Cajamarca - Perú Telef. 076-363766 anexo: 155

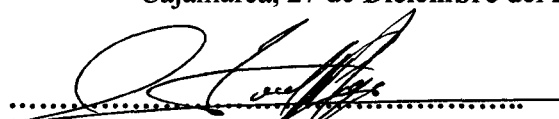
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO MONOGRÁFICO

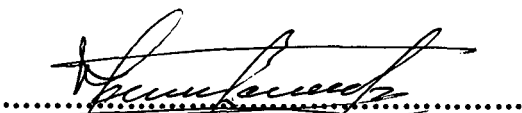
En Cajamarca, a los **Veintisiete** días del mes de **Diciembre** del año dos mil doce, se reunieron en el **Ambiente 2H – 205** (Auditorio de Industrias Alimentarias), de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, los integrantes del Jurado designado por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° **0197 – 2012- FCA-UNC**, de fecha 15 de Noviembre del 2012; con el objetivo de Evaluar la sustentación del Trabajo Monográfico Titulado **"Fisiología y Manejo Post Cosecha de la Papaya (*Carica papaya*)"** ; bajo la Modalidad **"D"** Examen de Habilitación Profesional Mediante Cursos de Actualización; el mismo que fue sustentado por el Bachiller en Industrias Alimentarias: **LUIS ORLANDO ALVARADO GÓMEZ** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

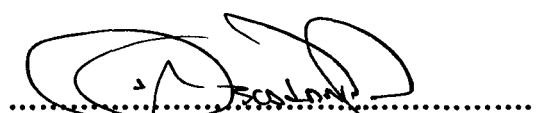
A las **quince** horas y **cinco** minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del jurado dio por iniciado el acto académico indicado. Después de la exposición del trabajo Monográfico, formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente del Jurado anunció la **aprobación por unanimidad** con el calificativo de **Once (11)** que constituye el 50 % de la nota final del curso de actualización con fines de Titulación; por lo tanto el graduado queda expedito para que se le expida el título profesional correspondiente.

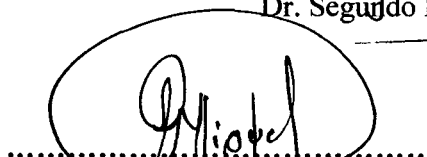
A las **dieciséis** horas y **cincuenta** minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto académico.


.....
Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal.
PRESIDENTE

Cajamarca, 27 de Diciembre del 2012

.....
Ing. M.Sc. Víctor Eudonio Torrel Pajares
SECRETARIO


.....
Ing. Urías Mostacero Plasencia.
VOCAL


.....
Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta.
ASESOR


.....
Ing. Miguel Sánchez García.
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres biológicos:

Santiago Alvarado y Teresa Gómez;

Por haberme dado la vida y poder disfrutar,

De los buenos momentos con ellos.

A mis padres espirituales:

Orlando Puelles y Vilma Navarrete

Por ser ellos quienes me acogieron en su casa;

En donde me brindaron amor y cariño y

A la vez haberme formado con los valores éticos

Y hacer de mí una persona con principios y

Con objetivos claros en la vida.

A mis hermanos:

Santiago, Jhony, Diego, Antonio, Margarita, Walter, Juan;

Por su gran apoyo incondicional en los momentos

Críticos de mi vida.

A mi esposa y mis hijos:

Liseth Reyes Campos y Zair Alvarado Reyes,

Helen Alvarado Reyes; por ser ellos parte de mi vida

Y la inspiración de mi lucha.

EL AUTOR

AGRADECIMIENTO

Agradecer a mis profesores Orlando Puelles y Vilma Navarrete quienes me guiaron en mis estudios primarios y secundarios, convirtiéndose con el tiempo en mis padres espirituales. Al mismo tiempo, doy gracias al Señor, Dios Padre Todo Poderoso, por haberme dado una familia maravillosa.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, lugar donde me formé académicamente y espacio donde se cultiva la hermandad entre compañeros. Agradezco la oportunidad de conocer al docente de la Escuela Académico Profesional de Agronomía Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta por su valioso aporte intelectual en la aplicación del conocimiento en el campo de manejo post cosecha de frutas y hortalizas.

Al Ing^o. Miguel Sánchez García por todo su apoyo personal dentro de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentaria, guía académico del presente trabajo de investigación monográfica.

A mis amigos que han sido la cadena principal, por sus muestras de apoyo para que este trabajo de investigación monográfica se termine.

EL AUTOR

RESUMEN

El fruto de la papaya es una baya ovoide, cuya forma varía de casi esférica a oblonga o periforme. Posee una cavidad cuyo tamaño puede ser pequeña o mayor que la mitad del diámetro del fruto. Esta cavidad contiene las semillas que pueden ser muy numerosas o prácticamente no existir. La pulpa es de color amarillo anaranjado o rojizo, succulento y aromático, de sabor agradable y dulce. El látex de la fruta inmadura posee una enzima, la papaína, de naturaleza proteolítica, utilizada para ablandar carnes, aclarar bebidas y para fines medicinales e industriales. La calidad del fruto durante su cultivo y comercialización está afectada por enfermedades como la Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), el virus de la Mancha Anular de la Papaya (VMAP) y las malas prácticas de manejo del fruto, lo que genera altas pérdidas post cosecha. La principal forma de atenuar las pérdidas de post cosecha es teniendo en cuenta que las frutas continúan vivas aún después de cosechadas, periodo en el cual continúa respirando, madurando e iniciando procesos de senescencia, todo lo cual implica una serie de cambios estructurales, bioquímicos y de componentes que son específicos para cada fruta. Asimismo, el producto cosechado está constantemente expuesto a la pérdida de agua y peso fresco debido a la transpiración y a otros fenómenos fisiológicos, como la respiración. En éste contexto, la presente monografía pretende resumir el conocimiento disponible relacionado con la fisiología y el manejo post cosecha del fruto de la papaya y sus variaciones en relación a los factores biológicos (transpiración, respiración, producción de etileno) y ambientales (temperatura, humedad relativa, atmósferas controladas, atmósferas modificadas), pues estas relaciones son importantes para el fruto sin alterar su color, sabor y textura.

Palabra Clave: Fisiología y Manejo Post cosecha de la Papaya

ABSTRACT

The papaya fruit is an ovoid berry, which form changes of almost spherical to oblong or pear form. It possesses a cavity which size can be small or major that the half of the diameter of the fruit. This cavity contains seeds that can be very numerous or practically null. The flesh is yellow orange or reddish, succulent and aromatic, agreeable and sweet flavor. The latex of the immature fruit possesses an enzyme, the papáina, of proteolytic nature, used to soften meats, to clarify drinks and for medicinal and industrial ends. The quality of the fruit during his culture and commercialization is affected by diseases such as Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), the virus of the annul spot of the Papaya (AMVP) and the bad practices of managing of the fruit, which generates high post-harvests losses. The principal way of attenuating the post-harvest losses is bearing in mind that fruits continue alive still after harvested, period in which continues breathing, maturing and initiating processes of ageing, everything which implies a series of structural, biochemical changes and of components that are specific for every fruit. Likewise, the harvested product is constant exposed to the loss of water and fresh weight due to the perspiration and other physiological phenomena, as breathing. In this context, the present monograph tries to summarize the available knowledge related to the physiology and the post-harvests managing of the papaya fruit and his variations in relation to the biological factors (perspiration, breathing, production of ethylene) and environmental (temperature, relative humidity, controlled atmospheres, modified atmospheres), since these relations are important for the fruit without altering its color, flavor and texture.

Key word: Physiology and Managing Post-harvests of the Papaya

ÍNDICE

Contenido	Página
Introducción.....	i
Objetivo general.....	ii
Objetivo específico.....	ii
Justificación.....	iii

CAPÍTULO

I. ASPECTOS GENERALES SOBRE LA PAPAYA

1.1. Origen de la papaya.....	1
1.2. Clasificación taxonómica.....	1
1.3. Botánica de la papaya.....	1
1.3.1. Flores.....	1
1.3.1.1. Flor estaminada o masculina.....	2
1.3.1.2. Flor pistilada o femenina.....	2
1.3.1.3. Flor hermafrodita.....	2
1.3.1.3.1. Flor pentandria.....	3
1.3.1.3.2. Flor elongata.....	3
1.3.1.3.3. Flor intermedia.....	3
1.3.1.3.4. Flor estéril.....	3
1.3.2. Fruto.....	3
1.3.3. Semilla.....	4
1.3.3.1. Cubierta seminal.....	4
1.3.3.2. Endospermo.....	4
1.3.3.3. Embrión.....	4
1.3.4. Hojas.....	5
1.3.5. Tallo.....	5
1.3.6. Sistema Radical.....	5
1.4. Variedades de Papaya Cultivadas en el Mundo	
1.4.1. Cariflora.....	5
1.4.2. Maradol.....	6

1.4.3. Zapote.....	6
1.4.4. Melona.....	6
1.4.5. Solo.....	6
1.4.5.1. Sunrise.....	6
1.4.5.2. Sunset.....	7
1.4.5.3. Waimanalo.....	7
1.4.5.4. Kapoho.....	7
1.5. Variedades de papaya cultivada en el Perú.....	7
1.5.1. Criollo Chanchamayo.....	7
1.5.2. PAUNA N°1.....	8
1.5.3. PTM 331.....	8
1.6. Composición química y valor nutritivo de la papaya.....	8
1.6.1. Agua.....	8
1.6.2. Carbohidratos.....	8
1.6.3. Enzima.....	8
1.6.4. Ácidos orgánicos.....	9
1.6.5. Pigmentos.....	9

II. ASPECTOS GENERALES DE LA FISIOLOGÍA Y SU RELACIÓN CON EL MANEJO POST COSECHA DE LA PAPAYA

2.1. Absorción de nutrientes en la planta.....	11
2.1.1. Absorción y transporte de nutrientes en la planta.....	11
2.1.2. Absorción de nutrientes y exploración radicular.....	12
2.1.3. Absorción de agua.....	12
2.2. Fotosíntesis.....	12
2.3. Respiración.....	13
2.3.1. Etileno.....	13
2.3.2. Biosíntesis del etileno.....	14
2.4. Transpiración.....	15
2.4.1. Factores que afectan la pérdida de agua.....	15
2.4.1.1. Cociente superficie/volumen.....	16

2.4.1.2. Naturaleza de la superficie.....	16
2.4.1.3. Lesión mecánica.....	16
2.4.1.4. Humedad relativa.....	16
2.4.1.5. Movimiento del aire.....	16

III. INFLUENCIA DEL MANEJO PRE COSECHA EN LA CALIDAD DE LA PAPAYA

3.1. Fertilización.....	17
3.1.1. Abonos orgánicos.....	17
3.1.2. Nitrógeno.....	17
3.1.3. Potasio.....	17
3.1.4. Fósforo.....	18
3.1.5. Calcio y Boro.....	18
3.2. Enfermedades en el cultivo de la papaya.....	19
3.2.1. Antracnosis.....	19
3.2.1.1. Etiología.....	19
3.2.1.2. Condiciones favorables.....	20
3.2.1.3. Control biológico de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> [(PENZ.) PENZ. Y SACC.] en papaya maradol roja (<i>Carica papaya L.</i>) y fisiología post cosecha de frutos infectados.....	20
3.2.1.4. Control post cosecha de la antracnosis en papaya y sensibilidad de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.) Sacc. a fungicidas órgano sintéticos.....	21
3.2.1.5. Tecnologías sostenibles para el manejo de la antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.) Penz & Sacc.) en papaya (<i>Carica papaya L.</i>).....	22
3.2.1.5.1. El deshoje sanitario como estrategia para reducir infecciones por antracnosis en papaya.....	22
3.2.1.5.2. El raleo de frutos como medida de manejo de la antracnosis.....	23
3.2.1.5.3. Épocas de aplicación de fungicidas dentro del manejo integrado de la antracnosis.....	23
3.2.2. Virosis.....	23

3.2.2.1. Efecto de la temperatura en la virulencia del virus de la mancha anular de la papaya (PRSV).....	24
3.2.3. Pudrición radicular en plantas desarrolladas.....	24
3.2.3.1. Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el Crecimiento de fusarium sp. Aislado de la papaya (<i>Carica papaya L.</i>).....	25
3.3. Aplicación de Madurantes.....	26
3.3.1. Efecto del etileno sobre el ACC y ACC oxidasa en la maduración de papaya Maradol.....	26
3.3.2. Control de la maduración en frutos de papaya (<i>Carica papaya L.</i>) con 1- Metilciclopropeno y ácido 2- Cloroetil fosfónico.....	27
3.3.3. Estudio del efecto de la maduración acelerada y la refrigeración sobre la Fisiología de la papaya maradol (<i>Carica papaya L.</i>).....	28

IV. COMPONENTES DEL MANEJO POST COSECHA DE LA PAPAYA

4.1. Cosecha.....	30
4.2. Selección.....	30
4.3. Clasificación.....	31
4.4. Transporte.....	31
4.5. Comercialización.....	31
4.6. Encerado.....	31
4.6.1. Efecto de las ceras comestibles sobre la calidad en frutos de papaya.....	32
4.6.2. Estudio de la conservación de la papaya (<i>Carica papaya L.</i>) asociado a la aplicación de películas comestibles.....	33
4.7. Temperatura.....	34
4.7.1. Refrigeración.....	34
4.8. Humedad relativa.....	35
4.9. Atmósfera de almacenamiento.....	35

4.9.1. Atmosfera controlada.....	36
4.9.2. Control de la atmósfera en la conservación post cosecha de las papayas Sunrise Solo y Golden.....	36
V. CONCLUSIONES.....	38
VI. BIBLIOGRAFIA CITADA.....	41
ANEXO.....	46
Norma del Codex Alimentarius para la papaya.....	46
Fotos del fruto de la papaya.....	54

INTRODUCCION

La papaya es un frutal tropical que en los últimos años ha disminuido su producción en el Perú. Actualmente, su productividad promedio es de 15.4 **Tm/ha**. Los rendimientos de las principales zonas productoras de papaya en el Perú para el 2004 fueron; Huánuco con un rendimiento de 19.25 **Tm/ha**, seguido de Ucayali con 15.97 **Tm/ha**, Pasco con 14.60 **Tm/ha** y San Martín con 12 **Tm/ha**. Estos rendimientos no han aumentado, entre otras causas debido a la infección de las plantas con el virus de la mancha anular de la papaya o PRSV (Scotto 2010). No obstante, los frutos continúan considerándose como productos de sabor agradable y alto valor nutritivo por su excelente contenido de vitamina A, β -caroteno, vitamina C, calcio, fósforo, hierro, niacina, riboflavina (FAO 2000).

Estos y otros componentes orgánicos del fruto derivan directa o indirectamente de la fotosíntesis, un proceso fisiológico cuyos principales insumos son el dióxido de carbono y el agua, los que bajo el efecto de la energía radiante y a nivel de cloroplasto son biotransformados en compuestos orgánicos, que contribuyen a elevar el peso fresco y seco de la fruta y a definir sus características organolépticas. Sin embargo, estas propiedades no son estables en función al tiempo, pues tan pronto como se produce la cosecha, la fruta acelera el proceso degradativo de los componentes acumulados como consecuencia de su proceso respiratorio, originándose pérdidas de peso y calidad. Si a estas pérdidas se les suma las pérdidas de agua por transpiración, el problema se acentúa, y aún más, se sigue incrementando por efecto de las malas prácticas de manejo o manipulación de la fruta, pues éstas generan daños físicos que incrementan las pérdidas del producto fresco.

Los daños físicos por insectos y la invasión de microorganismos al producto cosechado complementan el impacto negativo de los procesos fisiológicos, como la respiración y transpiración, a tal punto que las pérdidas de post cosecha se sitúan alrededor del 25 % lo que a su vez genera pérdidas económicas para el productor.

Dada la importancia de las pérdidas de post cosecha asociadas al ataque de agentes biológicos (plagas y enfermedades) y mal manejo del producto fresco que desencadena

incrementos significativos de la respiración y transpiración, es que se elaboró la presente monografía, con los siguientes objetivos:

Objetivo general

Describir, analizar y comprender la fisiología y manejo post cosecha del fruto de la papaya (*Carica papaya L.*).

Objetivos específicos

1. Conocer el efecto de los factores ambientales en el comportamiento fisiológico de la papaya.
2. Describir los componentes de manejo post cosecha de los frutos de papaya (*Carica papaya L.*).
3. Explicar la influencia del manejo en la calidad y vida post cosecha de la papaya.
4. Explicar las pérdidas post cosecha generadas por los factores biológicos y ambientales.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Las pérdidas del fruto de la papaya por el virus de la mancha anular de la papaya “papaya ringspot virus” (PRSV) en el Perú llegan a cerca del 40 %. puesto que el PRSV afecta la producción, calidad de la fruta, haciendo que el cultivo pierda rentabilidad (Scotto 2010). Sin embargo, sus atributos, físico-químicos lo han convertido en uno de los frutos de mayor demanda nacional y mundial.

En el Perú, mayormente se consume de manera directa, pero últimamente su costo se ha incrementado en los últimos años. El incremento de su costo es una forma de compensar las pérdidas post cosecha asociado al mal manejo del fruto de la papaya en la recolección, transporte, comercialización.

El principal factor biológico que genera grandes pérdidas económicas es la enfermedad de la Antracnosis producida por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* que es de temer una vez que empieza a reproducirse en el fruto de la papaya. Sin embargo no solo el hongo afecta la calidad del producto, también el virus de la mancha anular de la papaya “papaya ringspot virus” (PRSV) es considerado como el problema patológico de mayor daño en la economía del cultivo, por alterar la producción (Calzada et al. 1975).

En cada una de las etapas en el manejo post cosecha se presentan notables deficiencias como el maltrato y deterioro del fruto de la papaya por los inapropiados métodos de recolección, selección, transporte en malas condiciones, almacenamiento y empaque, que impiden ofrecer al consumidor el fruto de la papaya en óptimas condiciones de calidad física y organoléptica consecuente con un mínimo porcentaje de pérdidas físicas.

El fruto de la papaya se obtiene en gran parte de la selva peruana, de los departamentos de San Martín (Picota, Laguna Sauce), Junín (Chanchamayo), Amazonas (Muyo), cuyas zonas la producción ha disminuido por los problemas patológicos de la Antracnosis producida por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* y el virus de la mancha anular de la papaya (PRSV).

El transporte que se utiliza para el traslado del fruto de la papaya no presenta las condiciones óptimas y por otro lado es costoso. En lo referente al empaque se utiliza comúnmente cajas de madera envuelto el fruto de la papaya con papel periódico, los cuales no están diseñados de acuerdo a las características físicas del fruto de la papaya y por consiguiente no los protege en el proceso de recolección, transporte y distribución mostrando como consecuencia un fruto de mala calidad en el color y la textura.

La comercialización del fruto de la papaya debe ser lo más rápido posible en el momento de descargue en los centros de acopio para evitar que los frutos maduros sean comprimidos por los frutos pintones. La caja es revestida con papel Kraft para proteger el fruto al momento de trasladar hacia los depósitos.

En cuanto al consumo el fruto de la papaya debe presentar señales de buen estado, la piel del fruto no debe presentar manchas chocolate por ser signo de ataque del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, presentar un color brillante, buena textura.

En el almacenamiento, no se cuenta con una infraestructura que permita la conservación y prolongación del fruto de la papaya que permita lograr estabilidad en mercados nacionales competitivos del Perú. Por tal motivo el fruto de la papaya sufre un deterioro y pérdida de calidad, saliendo al mercado con grandes desventajas directamente relacionado con el precio.

Como quiera que la investigación y el desarrollo tecnológico son mínimos en el Perú en aspectos como métodos de recolección, clasificación, selección, adecuación, empaque y transporte y en los sistemas de cargue y descargue el manejo post cosecha en toda la cadena productiva puede constituir la alternativa para minimizar las pérdidas en el fruto de la papaya.

El éxito en el manejo post cosecha del fruto de la papaya depende del conocimiento de su funcionamiento, esto es, su naturaleza, su fisiología y su comportamiento ante los factores ambientales, como son los cambios de temperaturas y humedad relativa, desde el cultivo hasta el almacenamiento; y el manejo de la composición de la atmósfera (controlada o modificada) para prolongar la vida de anaquel del fruto de la papaya.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA PAPAYA

1.1. Origen de la papaya

La papaya es originaria de América tropical. nunca se le ha encontrado en forma silvestre. Se extendió a Sudamérica y a las Antillas; fue llevada a Filipinas por los españoles y posteriormente llegó a otras regiones del sudeste Asiático y África. Actualmente se encuentra en todos los países tropicales y subtropicales (Sánchez 2001).

1.2. Clasificación taxonómica

La clasificación de la papaya es la siguiente (Castro et al. 2000).

Reino: Plantae

División: Spermatophyta

Subdivisión: Magnoliophytina

Clase: Magnoliatae

Orden: Violales

Familia: Caricaceae

Género: *Carica*

Especie: *Carica papaya L.*

1.3. Botánica de la papaya

Es una planta con hojas grandes, decrecimiento rápido, alcanza una altura de 5 m y una edad de 5 años. La planta de la papaya está constituida por la flor, fruto, semilla, hojas, tallo, sistema radical (Sánchez 2001).

1.3.1. Flores

Las flores nacen en la axila de cada hoja y son blancas cuando están maduras, de cinco pétalos, de corola carnosa y ausentes de néctar (Arango 2004).

Se puede catalogar de manera generalizada en:

1.3.1.1. Flor estaminada o masculina

Se forma en plantas machos y se encuentra en ramilletes sobre largos pedúnculos que nacen en las axilas de las hojas. La flor es pequeña de forma tubular: posee un cáliz muy reducido, gamosépalo y de color verde claro; la corola es gamopétala, con cinco pétalos de color blanco-cremoso y alargado. Posee diez estambres agrupados en la parte superior de la corola y un pistilo rudimentario con ovario vestigial. Esta flor no produce frutos aunque algunas flores terminales del racimo pueden desarrollar un pistilo y por esta razón se pueden encontrar plantas machos produciendo frutos que por lo general son deformes, alargados o curvados y de mala calidad (Arango 2004).

1.3.1.2. Flor pistilada o femenina

Se forma en el tallo principal de las plantas hembras, en las axilas de las hojas sobre un pedúnculo corto. Es por lo general solitaria, aunque puede presentarse en racimos de hasta cinco flores pero generalmente solo se desarrolla una. Son flores grandes de forma acampanada; el cáliz es gamosépalo y la corola posee cinco pétalos grandes, de color blanco-cremoso, ligeramente carnosos, libres o soldados en su base. Ovario superior, grande y de forma redondeada; termina en una estigma, sentado y dividido en cinco óvulos de placentación parietal. Carece de estambres y órganos masculinos por lo que necesita para ser polinizada de plantas masculinas o hermafroditas. Esta flor produce frutos globosos (Arango 2004).

1.3.1.3. Flor hermafrodita

Se encuentra solitaria o en pequeños racimos sobre un pedúnculo corto y en la axila de sus hojas de plantas hermafroditas. Se diferencia de la flor hembra en su forma, presentando un cuello o cintura por encima de su base, aunque dependiendo del tipo de flor, también puede ser acampanada. Posee de cinco a diez estambres, de filamentos cortos y anteras de una coloración amarillo-naranja localizadas en la cara inferior de sus pétalos. El ovario es de tipo alargado o cilíndrico; los pétalos están unidos hasta la mitad de su longitud. Las flores hermafroditas pueden presentarse como flor pentandria, flor elongata, Flor intermedia, Flor estéril (Arango 2004).

1.3.1.3.1. Flor pentandria

La corola se compone de cinco pétalos en su base: el ovario es globoso y con cinco lóbulos marcados. Posee cinco estambres con filamentos largos adheridos a la base de la corola, los estambres se encuentran pegados a la pared del ovario, dejando claramente marcados cinco surcos longitudinales, los cuales son fácilmente visibles cuando el fruto se desarrolla. Esta flor es muy parecida a la flor hembra y sólo se diferencia de ella, por la presencia de los estambres. Al igual que la flor hembra produce frutos globosos, pero con surcos más pronunciados (Arango 2004).

1.3.1.3.2. Flor elongata

Es una flor alargada y con un cuello o cintura visible encima de la base. La corola está formada por cinco pétalos unidos más o menos en una tercera parte de su longitud. Tiene diez estambres, colocados en dos series de a cinco cada uno, adheridos al tubo de la corola. El ovario es alargado, por lo que produce frutos de la misma forma (Arango 2004).

1.3.1.3.3. Flor Intermedia

Es un tipo intermedio entre la flor pentandria y la flor elongata; sus pétalos están unidos en una tercera parte de su longitud, a veces lo sobrepasa, lo que hace que el tubo de la corola varíe de tamaño. El número de estambres varía de cinco a diez, colocados irregularmente en el tubo de la corola. Los filamentos de los estambres se funden con la Pared del ovario y causan deformaciones del fruto al crecer al tiempo con él, produce frutos alargados y deformes (Arango 2004).

1.3.1.3.4. Flor estéril

Son flores muy parecidas a las masculinas y se diferencian de ellas en que se encuentran unidas al tallo por un pedúnculo corto. Al igual que las masculinas, su corola es gamopétala, por lo que presenta forma tubular. No posee ovario fértil (Arango 2004).

1.3.2. Fruto

El fruto es una baya ovoide-oblonga, periforme, grande, carnosa, ranurada longitudinalmente en su parte exterior, de color verde amarillento, amarillo o

anaranjado cuando esta madura y de color verde cuando está inmadura (Sánchez 2001).

Normalmente un fruto contiene gran cantidad de semillas. ellas se desarrollan en cinco hileras adheridas a la pared interior del ovario, son oscuras y esféricas, aproximadamente de cinco mm de diámetro y recubierta por una masa gelatinosa (Guzmán 1998).

En el Perú, el fruto de la papaya para el mercado mayorista se empaca en cajas de madera tipo bandeja. En éstas se acomodan 4-9 unidades con un peso de aproximadamente 10 kg netos de fruta, el fruto puede variar en peso desde los 200 gramos hasta los 4 kg. Su tamaño es de 10-25 centímetros de largo y 7-15 centímetros de diámetro (FAO 2000).

1.3.3. Semilla

La semilla de la papaya es de forma ovoide y de color marrón oscuro en la madurez. Su tamaño y forma varía entre 4 y 6 mm. La semilla de la papaya esta compuesta por la cubierta seminal, el endospermo y el embrión (Gil y Miranda 2005).

1.3.3.1. Cubierta seminal

La semilla de la papaya proviene de un rudimento con dos tegumentos que al desarrollarse forman la cubierta seminal. Los tejidos del tegumento externo forman la testa (exotesta, mesotesta, endotesta), mientras que los derivados del tegumento interno forman el tegmen (Gil y Miranda 2005).

1.3.3.2. Endospermo

El endospermo presenta una superficie lisa, suave de consistencia carnosa y presenta posición externa debido a que rodea por completo al embrión (Gil y Miranda 2005).

1.3.3.3. Embrión

El embrión de la papaya presenta división axial, porque se ubica en el eje central de la semilla y subdivisión folial, porque muestra cotiledones expandidos (Gil y Miranda 2005).

1.3.4. Hojas

Las hojas son de pecíolos largos y huecos; de color verde, morado o una combinación de éstos dos colores: la lámina foliar es grande, gruesa, de forma palmeada, hendida palminervia. El haz es de color verde oscuro, lampiño; el envés es más claro y en él se observan las nervaduras protuberantes. Las hojas aparecen en forma alterna a lo largo del tallo: una cada cuatro días aproximadamente, para un total de 100 hojas por año (Arango 2004).

1.3.5. Tallo

El tallo generalmente es único, ramificado, puede alcanzar hasta 12 metros. Con el transcurso de los años el tronco tiende a volverse más fibroso y hueco; a medida que envejece va tomando una coloración grisácea y se notan unas cicatrices triangulares en los puntos de inserción de las hojas ya caídas (Arango 2004).

1.3.6. Sistema radicular

El sistema radicular de la papaya se compone de una raíz pivotante que al penetrar en la raíz le sirve de apoyo. La raíz principal es desarrollada y ramificada en forma radical y puede crecer hasta 1.5 metros de profundidad, dependiendo de las limitaciones físicas o químicas del suelo donde se siembre. Las raíces secundarias son de color blanco-crema y se encuentran distribuidas en los primeros 30 centímetros del suelo (Arango 2004).

1.4. Variedades de papaya cultivadas en el mundo

Las variedades que se cultivan en el mundo son Cariflora, Maradol, Zapote, Melona, solo entre otras.

1.4.1. Cariflora

Variedad recientemente creada en la Florida, de tipo dioico. Las plantas hembras son altamente productivas, de porte intermedio, de dos a tres frutos por axila, casi esféricos de un peso entre 500 y 700 gramos. La pulpa es de color amarillo intenso y de buena calidad. En Florida es citada como tolerante al virus de la mancha anular (PRSV), con rendimientos con 35 toneladas por hectárea/año (Arango 2004).

1.4.2. Maradol

Variedad de origen Cubano de maduración temprana, de frutos consistentes con peso promedio de alrededor de 1,5 Kg, de forma oblonga y pulpa roja. Muy productiva y de excelente sabor (Arango 2004).

1.4.3. Zapote

Es de tipo hermafrodita, de porte alto y muy productivo. Sus frutos son globosos ó alargados, dependiendo del sexo de la planta; de tamaño grande, hasta de tres kilos. Pulpa de color rosado intenso y de buena calidad, siendo preferidos en el mercado interno de Colombia (Arango 2004).

1.4.4. Melona

Es de tipo hermafrodita, de porte intermedio a alto. Produce frutos que alcanzan hasta cinco kilos de peso, de calidad variable y pulpa amarilla. Dependiendo del sexo de la planta los frutos son globosos o alargados, siendo preferidos los últimos en el mercado interno de Colombia (Arango 2004).

1.4.5. Solo

Variedad de tipo hermafrodita producida en Hawai y la más conocida y sembrada a nivel mundial por su calidad y tamaño de la fruta. Las plantas hermafroditas producen fruto en forma de pera, con un peso promedio de 450 gramos, con pulpa amarilla ó rosada intensa, dependiendo de la selección. Las mejores selecciones cultivadas son: Sunrise, Sunset, Waimanalo, Kapoho (Arango 2004).

1.4.5.1. Sunrise

La fruta de plantas hermafroditas tiene forma ovalada. PROFRUTA en Guatemala determinó mucha uniformidad en tamaño y forma, con un peso promedio de 563 gramos, un largo de 14.96 cm y diámetro de 7,25 cm. El color de la pulpa es muy atractivo de un color rojo-anaranjado (Manual técnico buenas prácticas agrícolas en papaya 2002).

1.4.5.2. Sunset

La fruta procedente de flores hermafroditas tiene forma de pera. PROFRUTA encontró variaciones amplias en el tamaño y su peso promedio es de 548 gramos. La cascara, es gruesa lo que da resistencia al manejo post cosecha y el color de la pulpa es anaranjado y amarillo (Manual técnico buenas prácticas agrícolas en papaya 2002).

1.4.5.3. Waimanalo

Se origino de un cruce de la variedad Betty de la Florida U.S.A y las líneas Solo 8 y Solo 5. Esta variedad crece vigorosamente, su tamaño es semi-enano y tiene una altura de producción de fruta baja. Produce las primeras flores tres meses después de plantada en el campo, la distancia entre nudos es corta pero no presenta aglutinación de frutas como la Sunset (Manual técnico buenas prácticas agrícolas en papaya 2002).

1.4.5.4. Kapoho

La fruta de arboles hermafroditas tienen forma de pera, con cuello en la base. El peso promedio de la fruta es de 480 gramos el largo promedio de 13 cm y el diámetro del fruto de 7 cm. El tamaño y la forma de la cavidad dependen de factores agroclimáticos que afectan el desarrollo de los carpelos, que es característica de esta fruta y tiene una cavidad en forma de estrella bien desarrollada (Manual técnico buenas prácticas agrícolas en papaya 2002).

1.5. Variedades de Papaya Cultivada en el Perú

Las variedades de papayas que se cultivan en el Perú son Criollo Chanchamayo, Pauna N°1, PTM 331.

1.5.1. Criollo Chanchamayo

Cultivar que se encuentra expandido en la Selva Central. Presenta un rendimiento de 50 TM por hectárea durante la vida comercial del cultivo (32 a 36 meses). Fruta de espesor de pulpa, con promedio mayor de 2 cm. Peso unitario del fruto 1 a 1.5 Kg. Su conservación es de 6 días en el medio ambiente (Calzada et al. 1975).

1.5.2. PAUNA N°1

Este cultivar obtenido por el programa de frutales nativos en base al agro tipo “Criollo Chanchamayo”, está siendo promocionado en la zona de Chanchamayo y otros lugares del país con buenos resultados. Producción de 40 a 85 frutos por planta. con un rendimiento de más de 150 TM por hectárea durante la vida comercial del cultivo (32 a 36 meses), con un cultivo técnicamente conducido. Fruta de buen espesor de pulpa, con promedio mayor de 3 cms. Peso unitario del fruto, entre 1.7 a 3.0 Kg. Buena conservación, de 6 a 8 días en condiciones de medio ambiente. Buena aceptación en los mercados nacionales del Perú (Calzada et al. 1975).

1.5.3. PTM 331

Variedad semienana. Posee frutos de 2.8 Kg. su pulpa es de color amarillo-anaranjado intenso de buen sabor y aroma. Su rendimiento es de 25 a 35 TM/Hectárea. Es tolerante al virus de la mancha anular de la papaya (Scotto 2010).

1.6. Composición química y valor nutritivo de la papaya

1.6.1. Agua

La mayoría de los frutos contienen más de 80% de agua, cuyo contenido puede variar durante el día dependiendo de las fluctuaciones en temperatura y humedad relativa (Wills et al. 1998).

1.6.2. Carbohidratos

Los hidratos de carbono contienen de 2-40 g/100 g de producto del peso total en las frutas. El principal atractivo sensorial de las frutas deriva de su contenido en azúcar y del sabor dulce que tienen los azúcares (Wills et al. 1998).

1.6.3. Enzima

Una de las principales enzimas que posee la papaya es la papaína que se encuentra en el látex de la papaya verde. Dentro de las propiedades físicas que presenta la papaína es un polvo amorfo, granulado, de color blanco grisáceo o parduzco; ligeramente higroscópico, incompletamente soluble en agua y en la mayoría de los solventes orgánicos. Soluble en alcohol etílico y metílico. En cambio una de las características químicas que presenta la papaína es una enzima proteolítica considerada en la

clasificación de las enzimas como papainasa, del grupo de las proteinasas, ataca a las sustancias proteicas y no a los polipéptidos. Utilizada para ablandar carnes. para aclarar bebidas y para fines industriales (Calzada et al. 1975).

1.6.4. Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos contribuyen con el sabor creando un balance con los azúcares en específicos frutos (Wills et al. 1998).

1.6.5. Pigmentos

En las frutas la desaparición de la clorofila va asociada a la síntesis o al desenmascaramiento, de otros pigmentos cuyos colores oscilan entre amarillo y rojo. Muchos de estos pigmentos son carotenoides, compuestos bastante estables y no se alteran en tejidos aún en avanzado estado de senescencia (Wills et al. 1998).

Tabla 1. Composición de la fruta de papaya (Contenido en 100 gramos de porción comestible).

Determinación (% y mg)	Papaya Colombia	Papaya Bolivia	Papaya Bolivia	Papaya México
Humedad (%)	90.00	85.86	87.93	88.80
Proteínas (%)	0.50	0.48	0.46	0.60
Grasa (%)	0.10	0.10	0.10	0.10
Cenizas (%)	0.50	0.74	0.52	0.60
Fibra Dietética (%)				
Carbohidratos (%)	8.90	12.82	10.99	9.90
Potasio(K) mg				257
Calcio(Ca) mg	25.00	24.00	22.00	24.00
Fósforo(P) mg	12.00	21.00	15.00	5.00
Hierro(Fe) mg	0.40	0.60	0.40	0.10
Vitamina A mg	700.0	86.0	95.0	21.0
β-Caroteno mg	595			
Tiamina mg	0.03	0.03	0.03	0.03
Riboflavina mg	0.02	0.04	0.04	0.03
Niacina mg	0.30	0.30	0.34	0.30
Vitamina C mg	75.00	56.00	44.00	62.00

Fuente: FAO (2000).

Como se puede observar en la tabla 1, la papaya está considerada como uno de los frutos más nutritivos. Se compone de 85 % de agua, y se la considera como una fuente importante de carbohidratos presentando un valor promedio 10.6 %. Es rica en minerales presentando valores altos de calcio (25 mg), fósforo (12 mg) y vitamina C.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA FISIOLOGÍA Y SU RELACIÓN CON EL MANEJO POST COSECHA DE LA PAPAYA

Las frutas no sólo se encuentran vivas cuando se encuentran unidas a las plantas de la cual procede, después de la cosecha continúan estando y por lo tanto siguen desarrollando los procesos fisiológicos de absorción, fotosíntesis, respiración y transpiración; por lo tanto es importante saber como se producen estos procesos, el momento óptimo de cosecha y las labores que se le deben hacer al fruto de la papaya después de cosechado para mantenerlo el mayor tiempo posible en condiciones óptimas de calidad para el consumo final.

2.1. Absorción de nutrientes en la planta

Los iones de los nutrientes deben estar disueltos en el agua del suelo para que la planta pueda absorberlos. Los iones pasan desde la solución del suelo hasta el centro vascular de las raíces a través de la membrana celular. El movimiento a través de la membrana puede ser pasivo o activo (García 2010).

2.1.1. Absorción y transporte de nutrientes en la planta

1. Intercepción radicular: Las raíces interceptan los iones al crecer en las zonas donde están los nutrientes (García 2010).
2. Flujo de masa: Consiste en el movimiento del elemento en una fase acuosa (solución) de una región más húmeda, distante de la raíz, hacia otra más seca (próxima a la superficie radicular). Los nutrientes se mueven en la solución del suelo hacia las raíces en la corriente de la transpiración (García 2010).
3. Difusión: El elemento camina distancias en una fase acuosa estacionaria, yendo de un mayor concentración a un menor concentración en la superficie de la raíz, a través de gradientes de concentración en la solución del suelo (García 2010).

2.1.2. Absorción de nutrientes y exploración radicular

Para los nutrientes que se transportan por flujo masal es menos importante la densidad de raíces en el suelo que el volumen de suelo con raíces. Existe competencia entre las raíces y éstas pueden casi agotar el nutriente en la porción de suelo explorada. En cambio para los nutrientes que se transportan por difusión es más importante la cantidad de raíces en el suelo que el volumen de suelo con raíces. Raras veces existe competencia entre las raíces y éstas no llegan a agotar el nutriente en la porción de suelo explorada (García 2010).

2.1.3. Absorción de agua

La absorción de agua consiste en su desplazamiento desde el suelo hasta la raíz, y es la primera etapa del flujo hídrico en sistema continuo suelo-planta-atmósfera. El agua se absorbe a través de los pelos radiculares y por lenticelas de las raíces suberificadas. La absorción pasiva es el mecanismo responsable de la absorción de la mayor parte del agua por una planta: la transpiración produce una tensión negativa en las tráqueas del xilema que se compensa mediante la entrada de agua del suelo. El movimiento del agua desde el suelo al aire, a través de toda la planta, se puede explicar sobre la base de la existencia de gradientes de potencial hídrico a lo largo de la vía. Se producirá de modo espontáneo si el potencial hídrico en la raíz es menor que el potencial hídrico del suelo (García 2003).

Los nutrientes y agua aumentan proporcionalmente la biomasa de la planta de la papaya y su tasa de crecimiento rápido en tiempos cortos, lo que trae consigo, gastos altos que no obstante se compensan con producciones de calidad y excelente valor comercial del fruto de la papaya (Manual técnico buenas prácticas agrícolas en papaya 2002).

2.2. Fotosíntesis

Las hojas de las plantas verdes son capaces de absorber la energía radiante del sol y mediante un complicado proceso, convertirla, junto con el bióxido de carbono, el agua, y los minerales, en compuestos químicos útiles. Como este es un proceso en que la energía se captura y se absorbe, representa a reacciones químicas endergónicas donde hay un gran incremento en la energía libre del sistema. Los productos

químicos de este proceso denominado fotosíntesis, representa a la energía potencial de la planta pudiendo utilizar parte de esta energía para cubrir las necesidades de la propia planta (Allamong y Mertens 1990).

2.3. Respiración

La respiración es un proceso metabólico fundamental, tanto en el producto recolectado, como en cualquier producto vegetal vivo. Puede describirse como la degradación oxidativa del dióxido de carbono y el agua, con liberación de energía y otras moléculas que pueden ser utilizadas en las reacciones sintéticas acaecidas en las células (Wills et al. 1998).

La respiración es un indicador de la actividad metabólica y por lo tanto es una guía útil para evaluar la vida potencial de los frutos en condiciones de almacenamiento, a través de patrones respiratorios en sus diferentes etapas de desarrollo (Wills et al. 1998).

Tabla 2. Tasa de respiración

Temperatura	7 °C	10 °C	13 °C	15 °C	20 °C
mL CO ₂ /Kg.h ¹	3-5	4-6	7-9	10-12	15-35

¹Valor inferior para papayas verdes (maduras) y valor superior para papayas maduras

Fuente: Kader (2012).

Los datos presentados en la tabla 2, evidencian que los frutos maduros de papaya al ser expuestos a un rango de temperatura comprendido entre 15 y 20 °C registran una mayor producción respiratoria de CO₂, mientras que los frutos verdes (“pintones”) sometidos a bajas temperaturas (7 ó 10 °C) tienen menor producción de CO₂ (3-5 mL/kg.h⁻¹ ó 4-6 mL/kg.h⁻¹, respectivamente). En consecuencia, la tasa de respiración, es variable en función al grado de madurez del fruto y a la temperatura de su entorno.

2.3.1. Etileno

El etileno (C₂H₄) es un gas natural que es producido por las plantas en forma constante. Su concentración en los frutos es muy baja y aumenta ligeramente en los frutos antes de iniciar su proceso de maduración. Es conocido como la hormona de la

maduración, porque a pesar que es producido en pequeñas cantidades, activa el proceso de maduración. Agente exógeno capaz de promover la maduración (Wills et al. 1998).

Urbano et al (2004) citado por Sañudo et al (2008), menciona que el etileno regula cambios, composición y estructura durante la maduración del fruto, como disminución del contenido de clorofila. Los mismos autores citan a Thumdee et al (2007), para afirmar que el ablandamiento del fruto de papaya, deriva de la acción de hidrolasas inducidas por etileno, es un factor de calidad difícil de controlar durante post cosecha.

Paull et al (1993) citado por Almeida (2011), menciona que la papaya es un fruto climatérico, cuya maduración ocurre rápidamente poco después de la cosecha, caracterizándose por ser una fruta muy percedera post cosecha. Los mismos autores citan a Draetta et al (1975), para afirmar que el proceso de maduración de la papaya se debe al consumo de ácidos orgánicos, ya que la fruta no tiene reservas de almidón.

Vela et al (2002) citado por Cruz et al (2007), describe la maduración acelerada de frutos tropicales mediante la aplicación de etileno exógeno es una práctica cada día más utilizada, donde se aprovecha las características de los frutos climatéricos para alcanzar una maduración rápida y mayor disposición de frutos maduros, disminuyendo con estos los costos de manipulación y almacenamiento, promoviendo una maduración más homogénea bajo condiciones ya determinadas para papaya Maradol(500 µl/L durante 24 horas).

2.3.2. Biosíntesis del etileno

El etileno se sintetiza a partir de metionina, vía una ruta de la que forman parte, como productos intermedios, la S-adenosil-metionina (SAM) y el ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC). La conversión de SAM en ACC, por la enzima ACC sintasa, parece ser la etapa limitante de la velocidad de la biosíntesis del etileno. La adición de ACC a frutos pre climatéricos (inmaduros) suele producir sólo un pequeño incremento en la síntesis de etileno, lo que demuestra que se necesita

otra enzima, la enzima formadora de etileno (EFE o ACC oxidasa), para convertir la ACC en etileno (Wills et al. 1998).

TABLA 3. Tasa de producción de etileno

Temperatura	7 °C	10 °C	13 °C	15 °C	20 °C
mL C ₂ H ₄ /Kg.h ¹	0.1	0.2-4	0.3-6	0.5-8	1-15

¹Valor inferior para papayas verdes (maduras) y valor superior para papayas maduras
Fuente: Kader (2012).

La exposición de frutos de papaya a 100 ppm de etileno entre 20 °C y 90-95 % de humedad relativa por 24-48 horas resulta en una maduración más rápida y uniforme (amarillamiento de la cáscara y ablandamiento de la pulpa, pero escaso a nulo mejoramiento en el sabor) de papayas cosechadas entre el quiebre de color a ¼ amarillas (Kader 2012).

2.4. Transpiración

Es el proceso mediante el cual la fruta pierde agua en forma de vapor. Este es un proceso muy importante debido que los frutos tienen un alto contenido de agua entre los 80-85 % y su pérdida se refleja en el marchitamiento. La transpiración es un proceso físico, que puede ser controlado por la aplicación de tratamientos al producto (ceras y otras cubiertas superficiales), o por el control del medio ambiente (Kader 1992).

El efecto de la transpiración es consecuencia de un déficit de presión de vapor originada por una diferencia entre la presión del producto y la del aire que los rodea (Wills et al. 1998).

2.4.1. Factores que afectan las pérdidas de agua

En función de sus características fisicoquímicas, los productos hortícolas ofrecen una amplia gama de velocidades de pérdida de agua post cosecha (Wills et al. 1998).

2.4.1.1. Cociente superficie/volumen

Desde un punto de vista físico, las pérdidas por evaporación son tanto más elevadas cuanto mayor sea la relación superficie/volumen (Wills et al. 1998).

2.4.1.2. Naturaleza de las superficies

La naturaleza de las superficies y los tejidos inmediatamente subyacentes de las frutas y hortalizas afectan acusadamente a la velocidad de pérdida del agua. No todas las frutas tienen la misma naturaleza de superficies, algunos están formados por la cutícula, estomas y otros frutos por lenticelas los cuales en su conjunto tienen a minimizar las pérdidas de agua (Wills et al. 1998).

2.4.1.3. Lesión mecánica

Las lesiones mecánicas pueden acelerar considerablemente las pérdidas de agua sufridas por los tejidos. La abrasión y el magullamiento dañan la organización de la superficie de los productos y permiten un flujo gaseoso mucho más rápido a través del área dañada. Los cortes ofrecen aún mayor importancia, puesto que rompen por completo la capa superficial protectora y exponen directamente a la atmósfera el tejido subyacente (Wills et al. 1998).

2.4.1.4. Humedad relativa

Expresa el contenido en agua del aire húmedo y se define como el cociente de la presión de vapor de agua en el aire/presión de vapor de agua a saturación, a la misma temperatura, expresado en %. El descenso de la humedad relativa del aire aumenta el déficit de presión de vapor entre el producto y el aire, afectando al producto (Wills et al. 1998).

2.4.1.5. Movimiento del aire

Siempre existe una capa de aire, de un grosor microscópico, inmóvil, adyacente a la superficie del producto, en la que la presión de vapor de agua se halla aproximadamente en equilibrio con la del producto. Aumentando la velocidad del aire, se reduce el espesor de esta capa límite y aumenta la diferencia de presión de agua en la vecindad de la superficie, incrementando la velocidad de pérdida de agua (Wills et al. 1998).

CAPÍTULO III

INFLUENCIA DEL MANEJO PRE COSECHA EN LA CALIDAD DE LA PAPAYA

3.1. Fertilización

El programa de fertilización debe hacerse de acuerdo a los resultados de un análisis de suelo; así puede corregirse la condición deficitaria de uno u otro mineral, todos son necesarios en cantidad y balance adecuados para el desarrollo normal de la planta lo que se refleja en una producción abundante de frutos de buena calidad (Guzmán 1998).

3.1.1. Abonos orgánicos

Son sustancias que están constituidas de desechos de origen animal, vegetal o mixto con el objetivo de mejorar las propiedades físicas del suelo, aumentando la capacidad de retención de agua y nutrientes. Estos pueden ser residuos del cultivo dejados en el campo después de la cosecha; cultivo para abono verdes, restos orgánicos de animales (estiércol); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas (Abanto 2005).

3.1.2. Nitrógeno

El nitrógeno es absorbido en forma de amoníaco. La deficiencia de Nitrógeno en el cultivo de papaya se manifiesta por un amarillamiento progresivo de las hojas más viejas. El tamaño de las hojas más nuevas se reduce, así como la forma de ellas, observándose menos lóbulos por hoja y pecíolo más corto. El desarrollo de la planta se retarda, resultando plantas pequeñas y de mal aspecto. (Arango 2004).

3.1.3. Potasio

Es absorbido en forma de K^+ . Permanece en células y tejidos, estimula el crecimiento de la raíz y mejora la resistencia de la plantas a las enfermedades, mejora el tamaño y calidad del fruto (Abanto 2005).

El potasio es un nutriente de mucha movilidad, ayuda a promover un crecimiento temprano y hojas desarrolladas. El potasio sinergisa con el fósforo y el hierro, pero

bloquea al calcio, magnesio, manganeso y zinc en el suelo (Manual técnico buenas prácticas agrícolas en papaya 2002).

La deficiencia de potasio en el cultivo de papaya se manifiesta con la aparición temprana de síntomas y el más notable lo constituye el ángulo de inserción del peciolo de las hojas en el tallo: las plantas con un buen suministro presentan un ángulo agudo (hacia arriba) y las plantas deficientes en potasio presentan un ángulo obtuso (hacia abajo); además las hojas se van secando por las puntas. (Arango 2004).

3.1.4. Fósforo

Es absorbido en forma de H_2PO_4^- , $\text{H}_2\text{PO}_4^{3-}$. Forma parte de todas las células vivas, almacena y transfiere energía a través de enlaces ATP Y ADP, estimula el crecimiento temprano y formación de raíces, acelera la maduración y promueve la producción de semillas (Abanto 2005).

Su función principal es el desarrollo radicular y la participación en la floración, es por ello que necesita ser incorporado en los dos últimos pasos de rastra, debido a que es un elemento poco móvil y se requiere de altas cantidades en un inicio para que pueda estar disponible a la raíz. El fósforo necesita que participe el magnesio en la actividad de las enzimas para su traslocación (Manual técnico buenas prácticas agrícolas en papaya 2002).

La deficiencia de fósforo en el cultivo de papaya se manifiesta en las hojas más viejas, las que permaneciendo de color verde oscuro exhiben líneas rojizas a lo largo de las venas y del pedúnculo de la hoja; también se observa una clorosis a lo largo de los márgenes de las hojas (Arango 2004).

3.1.5. Calcio y Boro

Es absorbido en forma de Ca^{++} . Forma parte de todas las paredes y membranas celulares y debe estar presente en la formación de nuevas células (Abanto 2005).

El calcio es básico en la hoja, controla la velocidad de la respiración o pérdida de azúcares y almidones (energía). El boro sin embargo controla el movimiento de estos

azúcares y almidones de la hoja a la fruta (Manual técnico buenas prácticas agrícolas en papaya 2002).

Es absorbido como BO_3^{-3} . Regula el metabolismo de carbohidratos (Abanto 2005). La deficiencia de boro en el cultivo de la papaya se manifiesta mostrando hojas de menor tamaño, de color verde muy oscuro y lámina foliar deforme. El fruto aparece deformado y cubierto de protuberancias, secreciones de látex y no tienen ningún valor comercial (Arango 2004).

3.2. Enfermedades en el cultivo de la papaya

En el Perú, el hectareaje de siembra es variable, existiendo en varias zonas de la selva, alta dependencia de las lluvias para establecer los cultivos. Las principales zonas productoras de papaya se encuentran en los departamentos de San Martín, Junín. El mayor limitante del cultivo lo constituyen las enfermedades, las más importantes son: Antracnosis, Virus de la mancha anular, Pudrición radicular.

3.2.1. Antracnosis

Síntoma, con nominación propia, para caracterizar determinadas manchas foliares y necrosis regulares de frutos. Las manchas foliares, involucran, lesiones de parénquima y nervaduras. La peculiaridad de este síntoma, es la manifestación hundida de las necrosis rodeadas de halo, de color marrón claro a oscuro, en cuya parte central se aprecia las fructificaciones del hongo de color anaranjado, marrón claro, hasta negro. Los microorganismos que hacen antracnosis, necrosan las células del hospedero por intoxicación; siendo restringida la acción enzimática, en la degradación de láminas media y paredes celular es; razón por la cual no hay desprendimiento del tejido muerto (Roncal 2004).

3.2.1.1. Etiología

El hongo *Colletotrichum gloeosporioides* pertenece al orden forma melanconiales donde los integrantes de este orden forman sus estructuras de reproducción en la superficie de las lesiones en forma de puntos de colores que varían de anaranjado claro, rojo ladrillo a negro, estas estructuras son el signo del hongo, que vista al microscopio se semeja a un plato, denominada micológicamente acérvulo en el

interior de esta estructura se forman los conidióforos simples, aunque en algunas especies. pueden presentarse con escasas ramificaciones; en cuya parte terminal se forman los conidios uni o pluricelulares polimorfos con o sin ornamentaciones (Roncal 2004).

3.2.1.2. Condiciones favorables

El hongo *Colletotrichum gloeosporioides* se disemina a través de la película de agua originada por el rocío y lluvias poco intensas pero frecuentes. Cuando las conidias atacan las inflorescencias impiden la formación de los frutos. La infección durante los períodos húmedos está relacionada con la temperatura y duración del período húmedo. Estudios de laboratorio permitieron conocer que la germinación es mayor a una temperatura de 15 °C y humedad relativa por debajo de 95 %; el apresorio o estructura de penetración del hongo se forma 18 horas después, bajo estas condiciones. La penetración del apresorio en el tejido vegetal es más eficiente con temperaturas de 25 °C, observándose lesiones a los 5 días. El patógeno penetra directamente a través de heridas causadas principalmente por insectos. El hongo es favorecido por la elevada humedad relativa (más de 82 %), alta precipitación y temperaturas oscilantes entre 22 y 32 °C. En el campo está establecido que la temperatura óptima para la germinación de las esporas del hongo oscila entre 22 y 30 °C con óptima de 25 °C; las esporas presentes en las ramillas o en el suelo son viables después de dos años, en las ramas superiores después de 19 meses y en las hojas caídas después de 14 meses (Corpoica 2003).

3.2.1.3. Control biológico de *Colletotrichum gloeosporioides* [(PENZ.) PENZ. Y SACC.]

En papaya maradol roja (*Carica papaya L.*) y fisiología post cosecha de frutos infectados

Estudios realizados por Baños et al (2004), en la manera de controlar biológicamente la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) mediante bacterias antagonistas y extractos de plantas con propiedades fungitóxicas, y evaluar los efectos de esta enfermedad sobre algunas características físicas, químicas y fisiológicas de frutos de papaya Maradol Roja (*Carica papaya L.*), se utilizaron tres aislamientos de *Bacillus firmus* y cuatro de *pseudomonas fluorescens*, de los cuales sólo dos de *Bacillus firmus* (B3 y B10) redujeron in vitro el crecimiento de *C.*

gloeosporioides en 75.32 y 69.17 % en un lapso de 96 h. En postcosecha no ejercieron ningún control del hongo. De 18 extractos de plantas, sólo los de *Allium sativum* (ajo), *Piper auritum* (hierba santa), *Psidium guajava* (guayaba), y *Eucalyptus globulus* (eucalipto) redujeron significativamente el crecimiento de *C. gloeosporioides* en 54.34, 48.82, 47.77, y 39.03 %, respectivamente. En frutos de papaya almacenados a 25 °C, los extractos de ajo y eucalipto redujeron la severidad de la enfermedad en 45.06 y 41.73 % respectivamente. La antracnosis provocó pérdida de peso, disminución de la firmeza de la cáscara y mayor variación de color; además, aceleró la producción de etileno en el climaterio y aumentó la tasa respiratoria en el proceso de maduración; no se afectaron el pH, el ácido málico ni los sólidos solubles totales.

Ramírez-Espinosa et al (1994) citado por Baños et al (2004), afirman el uso de plantas con propiedades antimicrobianas refiriéndose al extracto de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) controló el marchitamiento del clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) en postcosecha. Los mismos autores citan a Caballero y Jiménez (1992), donde se reporta que los extractos de ajo (*Allium sativum*) restringieron el crecimiento de *Colletotrichum* spp., en frutos de maracuyá (*Passiflora edulis* L.).

3.2.1.4. Control post cosecha de la antracnosis en papaya y sensibilidad de

Colletotrichum gloeosporioides (Penz.)Sacc., a fungicidas organosintéticos

Estudios realizados por Zavala et al (2005), en investigar el efecto de cinco fungicidas en el control de *Colletotrichum gloeosporioides* en papaya cv. Maradol. El experimento comprendió dos etapas, en las cuales se evaluaron los fungicidas: benomilo, imazalil, procloraz, azoxystrobin, metil Kresoxim y un testigo absoluto. Los resultados de la primera etapa indicaron que procloraz fue el fungicida con mayores perspectivas en el control de la antracnosis con una efectividad promedio de 96.5%, mientras, benomilo se situó como el menos eficiente al obtener una efectividad promedio de 15.71 %. En la segunda etapa, procloraz obtuvo la menor concentración efectiva (CE₉₅) con 7.91 µg.ml⁻¹ para la germinación conidial y la menor concentración efectiva (CE₅₀ y CE₉₅) para el crecimiento micelial con 0.0002 y 1.46 µg.ml⁻¹ respectivamente. En cambio, azoxystrobin obtuvo la mayor concentración efectiva (CE₅₀ y CE₉₅) para el crecimiento micelial con 258.25 y

365.25 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, respectivamente. De esta manera, se concluye que procloraz fue el fungicida con mejor control tanto de la antracnosis como de la germinación y crecimiento micelial de *C. gloeosporioides*.

Alvarez y Nishijima (1987) citado por Zavala et al (2005), menciona que el fruto de papaya *C. gloeosporioides* causa pelado del fruto, mancha chocolate y antracnosis. Los mismos autores citan a Arauz (2000), para afirmar que la antracnosis es una enfermedad que afecta el exterior de los frutos y, por tanto, originan pérdidas económicas.

3.2.1.5. Tecnologías sostenibles para el manejo de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc.) en papaya (*Carica papaya L.*).

En trabajos hechos por Corpoica (2003), se encontró que el deshoje sanitario junto con el raleo de los frutos, en papaya tipo Solo, controló el problema de la Antracnosis de manera similar que cuando se hacen aplicaciones mensuales de fungicidas desde la etapa de floración. Con esta práctica, complementada con el lavado de frutos en post cosecha y almacenamiento a 17 °C, los niveles de antracnosis fueron de 10 % de severidad de daño, comparados con una severidad mayor de 50 % en condiciones normales del manejo del producto.

3.2.1.5.1. El deshoje sanitario como estrategia para reducir infecciones por antracnosis en papaya

Consiste en extraer las hojas infectadas por antracnosis. Está comprobado que las hojas amarillas atraen algunas especies de insectos, como áfidos, moscas blancas y chinches. Los chinches en sus extremidades transportan esporas de hongos, entre ellos el causante de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), además causan laceraciones y heridas a flores y frutos, facilitando la entrada del patógeno. Los peciolo de las hojas maduras y secas se constituyen en un reservorio importante de estructuras infectivas del hongo en mención (micelio, conidias y cuerpos fructíferos). Desde los peciolo, el hongo llega fácilmente a las flores y frutos en cualquier estado de desarrollo, generándose infecciones que tumban las flores y frutos recién formados o que permanecen latentes en los frutos en desarrollo (Corpoica 2003).

3.2.1.5.2. El raleo de frutos como medida de manejo de la antracnosis

Es una práctica que consiste en entresacar frutos para favorecer el normal desarrollo y asegurar la sanidad y calidad de los que quedan en la planta, de tal forma de lo que se busca es evitar la acumulación entre los frutos y así reducir las condiciones favorables para el desarrollo de la antracnosis (Corpoica 2003).

3.2.1.5.3. Épocas de aplicación de fungicidas dentro del manejo integrado de la antracnosis

EL manejo actual, tradicional y tecnificado, se basa en la aplicación de fungicidas principalmente en floración y durante el desarrollo de los frutos hasta inicios de cosecha. En papaya, la etapa inicial de floración coincidente con época lluviosa es la más susceptible al hongo; un ataque severo provoca la caída de las estructuras reproductivas y frutos cuajados, afectándose la cosecha inicial y principal. En este momento la labor de deshoje se complementaría con la aplicación de un fungicida sistémico para este tipo de patógeno y aspersiones después de dos semana con productos protectantes cada 7 y 10 días si persisten las lluvias. Una vez los primeros frutos alcanzan las seis semana de desarrollo se deben suspender las aplicaciones de cualquier fungicida. Actualmente para el manejo de la Antracnosis se recomienda dentro de los fungicidas protectantes Mancozeb u oxiclورو de cobre, y dentro de los sistémicos Procloraz, Carbendazim, Benomil (Corpoica 2003).

3.2.2. Virosis

El virus de la mancha anular de la papaya “ papaya ringspot virus” (PRSV) ha sido considerado como el problema patológico de mayor daño en la economía del cultivo, por alterar tanto la producción como la calidad del fruto, fue sólo en 1929 y en Jamaica que se describió la virosis por primera vez en la papaya. Los síntomas que presentan las plantas jóvenes durante el invierno presentan los lóbulos de sus hojas distorsionadas hasta tomar la apariencia de pata de rana. Las hojas grandes de plantas desarrolladas presentan un moteado amarillento que no desaparece en el verano. Los frutos al madurar muestran manchas de color gris con apariencia de costra, éste síntoma aparece especialmente en la parte expuesta al sol. Si la planta está vigorosa al iniciarse la enfermedad puede seguir creciendo pero después declina su desarrollo.

En condiciones de clima frío, sequía o inundaciones la planta muere rápidamente (Calzada et al. 1975).

3.2.2.1. Efecto de la temperatura en la virulencia del virus de la mancha anular de la papaya (PRSV)

Estudios realizados por Cabrera et al (2010), determinaron el efecto de la temperatura sobre la sintomatología del PRSV, para ello se inoculó el aislado severo (PRSV-VC) sobre las plantas jóvenes de papaya cultivar Maradol roja en condiciones semicontroladas. Luego de la aparición de los síntomas de mosaico severo y filiformidad, las plantas se sometieron a un período de temperatura medias diurna de 38 a 39 °C en casas de cultivo. La temperatura bajo estas condiciones se registró tres veces al día durante el período de junio a agosto. En este estudio se comprobó que la sintomatología producida por el PRSV en plantas de papaya infectadas varía en condiciones de temperaturas existentes. En la medida en que se acerca la estación de verano los síntomas virales en las hojas de papaya disminuyen y pueden enmascarse. Los resultados demuestran que las plantas de papaya infectadas con el PRSV pueden llegar a enmascarar los síntomas y recuperarse de la infección debido a la baja concentración de partículas virales bajo condiciones de temperaturas elevadas, y recuperar los síntomas severos en condiciones frescas.

Bau et al (2004) citado por Cabrera et al (2010), señalo que en Taiwán el número de plantas con síntomas de PRSV varía de acuerdo con la estación y las condiciones climáticas, con una tendencia al incremento en las épocas fría y lluviosa, y a decrecer el verano. Los mismos autores citan a Hull (2002), para afirmar que el desarrollo de enfermedades virales está frecuentemente asociado a temperaturas entre 16 y 30 °C ya que con temperaturas elevadas los síntomas virales se atenúan y la planta aparece rápidamente recuperada de la infección.

3.2.3. Pudrición radicular en plantas desarrolladas

Esta es una de las enfermedades más serias del papayo, tanto en la costa como en la selva del Perú, que afectan las raíces de la planta y en la parte aérea de la planta donde aparecen los síntomas, esta marchitez es producida por *Fusarium sp.*, los principales síntomas son, el amarillamiento de las hojas que están alrededor del brote

terminal de la planta seguido de un encarrujamiento, luego todas las hojas de la parte superior de la planta se secan en forma prematura con la consiguiente detención del crecimiento, defoliación y caída de frutos. El incremento del inoculo en el suelo y su arrastre por la lluvia y el viento aumenta la severidad del ataque en el papaya. Al descubrir las raicillas estas aparecen en mayor o menor grado podridas. Este tipo de ataque es uno de los peores en el papaya, especialmente cuando hay exceso de lluvias, una capa freática al alcance de las raíces o se abusa de riegos frecuentes. Los síntomas pueden fácilmente confundirse con las enfermedades producidas por virus. La enfermedad también alcanza a los frutos cualquiera que sea su edad, pero solo se manifiesta en comenzar su maduración; a medida que la enfermedad progresa el fruto se arruga y torna de color oscuro con manchas blanquizas. Los frutos al caer dejan una gran cantidad de esporangios los que en contacto con plantas sanas germinan en presencia de agua (Calzada et al. 1975).

3.2.3.1. Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium sp.*, aislado de la papaya (*Carica papaya L.*)

Barrera y García (2008), realizaron estudios en los últimos años en reconocer la importancia de los hongos fitopatógenos y la dificultad para lograr un buen control de los mismos, así como el aumento en la resistencia a los antifúngicos ha incrementado la investigación de alternativas basadas en productos naturales. El efecto antifúngico de aceites esenciales y sus compuestos fue investigado en bioensayos de inhibición de crecimiento micelial de *Fusarium sp.*, durante ocho días de incubación se midió el diámetro de la colonia y se determino la tasa de crecimiento micelial. En general, el manejo efecto antifúngico fue observado con el aceite tomillo (*thymus vulgaris*), el cual presento una total inhibición a 200, 250 y 300 µg/ml. Los aceites de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), clavo (*Syzygium aromaticum*) y epazote (*Telexys ambrosioides*), exhibieron una inhibición del crecimiento micelial dependiente de la dosis al incrementarla de 100 a 300 µg/ml. Mientras que los aceites ajo (*Allium sativum*), limón mexicano (*Citrus aurantifolia*), ruda (*Ruta chalepensis*), hierba buena (*Mentha piperita*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*), no tuvieron actividad antifúngica en las diferentes concentraciones probadas. Todos los compuestos con excepción del cineol (ruda y eucalipto), tuvieron un efecto fungicida o fungistático.

Hidalgo et al (2002) citado por Barrera y García (2008). reporta que la mayoría de los aceites esenciales inhiben el crecimiento de los hongos en post cosecha in vitro.

3.3. Aplicación de madurantes

La aplicación de madurantes en frutas es una alternativa para minimizar las pérdidas post cosecha. el más utilizado es el etileno un gas producido naturalmente por las frutas durante su maduración, cuando se conocieron los efectos que el etileno tiene sobre la maduración se comenzó a utilizarlo en tratamientos artificiales para anticipar la recolección de frutas.

3.3.1. Efecto del etileno sobre el ACC y ACC oxidasa en la maduración de papaya maradol

Estudios realizados por Cruz et al (2010), en frutos de papaya Maradol (*Carica papaya L.*) fueron tratados con etileno en aire sintético (0, 100, 300, y 500 $\mu\text{L L}^{-1}$) en contenedores de fibra de vidrio a diferentes tiempos de exposición (8, 16 y 24 h).

Después del tratamiento, los frutos fueron transferidos para su maduración a temperatura ambiente (25 °C). Los análisis efectuados en cada tratamiento fueron: firmeza, azúcares reductores, sólidos solubles, acidez titulable, color de la cascara y pulpa (medido por el ángulo Hue), velocidad de producción de etileno (VPE), contenido de ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) y actividad de la enzima formadora de etileno (ACC oxidasa). Los resultados indicaron que el primer cambio notable fue el color en la cáscara (amarillo) y en la pulpa (naranja), típicos en un fruto listo para el consumo. Los frutos expuestos a 500 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 16 y 24 h mostraron un pico climatérico un día después del tratamiento, mientras que los frutos expuestos por solamente 8 h mostraron su pico climatérico 2 días después de la exposición al etileno. Las papayas expuestas a 500 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 16 y 24 h produjeron bajos valores de Hue en menos tiempo que el testigo, y su contenido de ACC aumentó a 2.7 $\text{nmol g}^{-1} \text{h}^{-1}$, la actividad de la ACC oxidasa a 3 $\text{nL g}^{-1} \text{h}^{-1}$, y la velocidad de producción de etileno (VPE) a 24 $\text{nL g}^{-1} \text{h}^{-1}$. Estas condiciones permitieron que se alcanzaran valores de firmeza de 5.2 Kgf cm^{-2} y 12 % de sólidos solubles a los 6 d a 25 °C. El contenido de azúcares reductores, valores de pH y la acidez no mostraron diferencia significativas ($P>0.05$) entre tratamientos. Los frutos testigo alcanzaron valores similares después de 8 días de maduración directa. Los

resultados sugieren que es posible acelerar la maduración de papaya Maradol de 8 a 3 días por exposición a atmósferas con etileno.

Kader (2002) citado por Cruz et al (2010), describe sus recomendaciones para mantener la calidad postcosecha de papaya (*Carica papaya L.*) reportando una tasa de producción de etileno entre 1 y 15 μL de C_2H_4 kg^{-1} h^{-1} del fruto a 20 °C como temperatura óptima, así como una maduración más rápida y uniforme cuando los frutos son tratados con etileno exógeno a una concentración de 100 $\mu\text{L L}^{-1}$ entre 20 y 25 °C.

Lizada et al (1993) citado por Cruz et al (2010), reporta que la producción de etileno disminuye en frutos sobre maduros, por la menor actividad de la ACC se acumula cuando se pierde la integridad de la membrana, así la disminución en la producción de etileno se ha atribuido a la pérdida de actividad de la ACC oxidasa, al perderse la integridad de la membrana.

Salveit et al (1999) citado por Cruz et al (2010), afirma que las papayas expuestas a 100 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno se estimula el proceso de maduración, a juzgar por el color amarillo de la cáscara, la síntesis de carotenoides y el ablandamiento de la pulpa, ya que el etileno estimula la degradación de la clorofila y la síntesis de carotenoides.

3.3.2. Control de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya L.*) con 1-metilciclopropeno y ácido 2- cloroetil fosfónico

Estudios realizados por Sañudo et al (2008), con el objetivo de encontrar una estrategia efectiva para controlar la maduración de papaya (*Carica papaya L.*) se evaluó la respuesta de los frutos a la aplicación de 300 NL L^{-1} del inhibidor 1 metilciclopropeno (1-MCP) y de 2.5 g L^{-1} del inductor ácido 2 cloroetil fosfónico (etefón). A frutos cosechados en estado de madurez $\frac{1}{4}$ se les aplicaron los tratamientos: testigo, 1-MCP, Etefón, 1-MCP + etefón y etefón + 1-MCP; en los tratamientos combinados, la aplicación del segundo compuesto fue después de 24 h del primer tratamiento. Los frutos se mantuvieron almacenados en condiciones de simulación de mercadeo y se evaluó la calidad post cosecha durante 9 días. El tratamiento con 1MCP inhibió la producción de etileno y el ablandamiento de los

frutos, y se disminuyó significativamente la tasa respiratoria, el color de la cascara y pulpa, y el contenido de ácidos orgánicos. El etefón aceleró los cambios en color produjo una pérdida de 80 % en la firmeza inicial de los frutos a los 3 días de aplicación. Los frutos del tratamiento 1MCP en suprimir el ablandamiento fue irreversible. Una alternativa para controlar la maduración de papaya Maradol fue el tratamiento etefón + 1MCP, ya que la aplicación posterior de 1MCP redujo los cambios en maduración inducidos por etefón. El 1MCP disminuye principalmente el ablandamiento y la producción de etileno, sin embargo, esto depende del tipo de fruto y del estado de madurez, así como de la concentración tiempo y temperatura de exposición.

Hoffman et al (2001) citado por Sañudo et al (2008), señala en frutos de papaya variedad Solo, el almacenamiento a bajas temperaturas y el uso del inhibidor de maduración 1-Metilciclopropeno son estrategias que controlan la acción y la producción de etileno. Los mismos autores citan a Hoeberichts et al (2002), para afirmar que la acción del 1MCP es irreversible y la acción del etileno se recupera mediante la síntesis de nuevos receptores.

3.3.3. Estudio del efecto de la maduración acelerada y la refrigeración sobre la fisiología de la papaya maradol (*Carica papaya L.*)

Estudios realizados por Cruz et al (2007), en determinar el tiempo máximo de vida útil de papaya Maradol fresca (*Carica papaya L.*) con y sin maduración acelerada utilizando etileno (500 μ L/24 horas, 25 °C) y bajo almacenamiento refrigerado empleando un pre acondicionamiento del fruto (0, 24, 48, 72, 96, 120, 144 horas de maduración previo a refrigeración). Los frutos con tratamiento de etileno con 24 y 48 horas de maduración a 25 °C, previo a ser refrigeradas a 6 °C, fueron almacenados hasta por 12 días a dicha temperatura, donde se evaluó la obtención del color mostrando buenos resultados, lo mismo ocurrió en la evaluación de la firmeza de la pulpa donde se obtuvo un decremento rápido en los valores de firmeza de pulpa, en la evaluación de sólidos solubles se dio un incremento rápido sólidos solubles, en la evaluación de daño por frío se empezó a mostrar los síntomas de daño por frío a partir de los 12 días. Los frutos con tratamiento de etileno con 24 horas de maduración a 25 °C, previo a ser refrigeradas a 12 °C, fueron almacenados hasta por

17 días a dicha temperatura sin que se presente alguna alteración en las variables analizadas (firmeza de cascara y pulpa, sólidos solubles, pH, acidez titulable y los síntomas del daño por frío), siendo este el mejor de los tratamientos, con la ventaja de tener una maduración rápida y homogénea. Los frutos con tratamiento de etileno con 48 y más horas de maduración a 25 °C, previo a ser refrigeradas a 12 °C, presentan en menor tiempo, alteraciones como ablandamiento anormal, oscurecimiento en pulpa y daño por frío. En conclusión, la aplicación del etileno resulta benéfico al lograr una maduración homogénea, atractiva para el consumidor, sin que la refrigeración constituya un elemento negativo ya que se logra mayor vida de anaquel mejor y mejor cobertura de comercialización.

Vela et al (2002) citado por Cruz et al (2007), donde describe la maduración acelerada de frutos tropicales mediante la aplicación de etileno exógeno es una práctica cada día más utilizada, donde se aprovecha las características de los frutos climatéricos para alcanzar una maduración rápida y mayor disposición de frutos maduros, disminuyendo con estos los costos de manipulación y almacenamiento, promoviendo una maduración más homogénea bajo condiciones ya determinadas para papaya Maradol (500 µl/L durante 24 horas).

Chang et al (1988) citado por Cruz (2007), describe la disminución de los síntomas de daños por frío está relacionada con la maduración post cosecha del fruto antes de ser refrigerado. Los mismos autores citan a Chen et al (1986), para afirmar que el uso de un pre acondicionamiento y el grado de madurez post cosecha de la papaya disminuyen la sensibilidad al daño por frío en papaya variedad Kapoho y Sunrise para frutos con 60 % de madurez (12.5 °C por 4 días) se logra almacenar a 2 °C por 12-14 días.

CAPÍTULO IV

COMPONENTES DEL MANEJO POST COSECHA DE LA PAPAYA

4.1. Cosecha

La papaya se cosecha manualmente, siendo suficiente una ligera torsión para que se desprenda de la planta; sin embargo, esto puede ocasionar desgarramiento y heridas en el punto de desprendimiento de la fruta, por lo que se recomienda utilizar una cuchilla curva para cortar el pedúnculo del fruto. El pedúnculo se deja inicialmente largo pero después es necesario recortarlo dejando unos 5-10 mm de longitud. La cuchilla de cosecha se debe desinfectar frecuentemente para evitar la diseminación de enfermedades. La fruta cosechada debe ser colocada de manera cuidadosa en una caja de madera o plástico acolchada para su traslado al centro de empaque. La operación de cosecha se facilita trabajando en pareja. Así, una de las personas se encarga de separar la fruta del árbol, entregándola al segundo operador quien se ocupa de acomodar adecuadamente la fruta en los recipientes de cosecha. La fruta cosechada debe ser transportada lo más rápido posible al centro de selección y empaque o a los centros de distribución y consumo, evitando exponerlos directamente a los rayos del sol y protegiéndolos de las inclemencias del tiempo, antes y durante su transporte. Debido a la fragilidad de la cáscara y del fruto en general, la papaya debe ser manejada con mucho cuidado para evitar cualquier daño físico. Los golpes, magulladuras, abrasiones y cortes, incrementan el ritmo de maduración y deterioro fisiológico y patológico del producto cosechado desmereciendo su calidad comercial (FAO 2000).

4.2. Selección

La selección es una operación que consiste en separar de la papaya cosechada la fruta que no cumple los requisitos exigidos y pactados con los compradores, las necesidades del mercado solicitan que las papayas sean fisiológicamente maduras, forma uniforme de acuerdo con la variedad, libre de enfermedades y daños por insectos, libre de magulladuras, manchas de látex, heridas abiertas (Montero 2003).

4.3. Clasificación

Es una operación que consiste en aplicar al producto seleccionado la norma de calidad establecida por el comprador: importador, agroindustrial, supermercado (Montero 2003).

4.4. Transporte

Para trasladar el fruto de la papaya cosechado debe tenerse en cuenta varios requisitos:

- No se deben utilizar vehículos que hayan transportado agroquímicos, abonos orgánicos, lubricantes, gasolina, materiales de construcción.
- Proteger el producto del sol, la lluvia, el viento, y el polvo.
- Llenado adecuado del aire en las llantas y buena amortiguación.
- Las cajas deben arrumarse adecuadamente en la carrocería.
- Evitar la carga mixta.
- El viaje debe hacerse en las horas más frescas.
- Contratar el transporte con personas responsables.
- Ocupar la totalidad del vehículo (Montero 2003).

4.5. Comercialización

El fruto de la papaya depende de su estado sanitario y de las características organolépticas (color, sabor, textura), el fruto no debe estar comprimido o presentar manchas negras en la piel generadas por el sol. La fruta no debe contener daños y defectos objetables desde el punto de vista comercial y sanitario. Su madurez deber ser tal que permita su comercialización en un tiempo razonable y que satisfaga los requerimientos del consumidor. En el Perú, la papaya para el mercado mayorista se empaca en cajas de madera tipo bandeja. En éstas, se acomodan 4-9 unidades con un peso de aproximadamente 10 kg netos de fruta. La caja es revestida con papel Kraft para proteger la carga (FAO 2000).

4.6. Encerado

En el manejo post cosecha de las frutas, la cubierta comestible se usa para restablecer la cera natural de la corteza que se pierde cuando se lava la fruta. La importancia que tienen las ceras es reducir las pérdidas de agua, mejorar el atractivo del fruto. Un

requisito que tienen que cumplir la cubierta comestible es que la película de cera debe ser delgada, para evitar que interfiera con el intercambio gaseoso y desencadene la respiración anaeróbica y las pérdidas de calidad asociadas con la anaerobiosis o la aparición de aromas extraños (Wills et al. 1998).

4.6.1. Efecto de las ceras comestibles sobre la calidad en frutos de papaya

Estudios realizados por Petit et al (2010), donde evaluaron el efecto de aplicaciones de ceras comestibles sobre la calidad de frutos de papaya almacenados a temperatura ambiente por 12 días. Los tratamientos fueron: testigo (T1), cera1 (T2) y cera2 (T3). Los resultados en cuanto a la pérdida de peso es menor cuando se utilizan ceras comestibles. En la evaluación de acidez titulable, pH, y sólidos solubles totales la aplicación de ceras comestibles en fruto de papaya no afectan la acidez titulable, Ph, y sólidos solubles totales en fruto de papaya. Los frutos tratados con ceras comestibles presentaron mejor apariencia externa hasta los 9 días de almacenamiento, a los 12 días todos los frutos fueron afectados por daños patológicos.

Dikki et al (2010) citado por Petit et al (2010), señala que diferentes tecnologías post cosecha pueden ayudar a prolongar la vida de anaquel del fruto de papaya. Entre éstas se encuentran el uso de cubiertas comestibles.

Park (1999) citado por Petit (2010), describe el manejo post cosecha de los frutos, las cubiertas comestibles se usan para restituir algunas de las ceras naturales que se eliminan con las operaciones de lavado y limpieza. Los mismos autores citan a Guilbert et al (1996), para afirmar que las cubiertas comestibles ayuda a reducir la pérdida de agua durante el manejo y comercialización.

Kester y Fennema (1984) citado por Petit (2010), señala las cubiertas comestibles evita la pérdida de peso y se disminuye la velocidad de respiración, limitando la difusión del oxígeno y del bióxido de carbono.

Mulkay et al (2004) citado por Petit et al (2010), señalan que la aplicación de ceras en frutos de papaya, no afectan el pH, sólidos solubles totales. durante el período de almacenamiento.

4.6.2. Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya L.*) asociado a la aplicación de películas comestibles

Estudios realizados por Almeida et al (2011), donde se evaluó el efecto de una película de almidón de yuca (2 %) sobre la papaya almacenadas a temperatura ambiente (25 °C) y a 8 °C, y 82 % de humedad relativa durante seis días de almacenamiento fueron analizadas cuatro tipo de muestras, frutas con película, almacenadas a temperatura ambiental (FPA), frutas con película y refrigeradas a 8 °C (FPR), frutas control, sin película, almacenadas a temperatura ambiental (FCSPA), frutas control, sin película y almacenadas en refrigeración a 8 °C (FCSPR). Se realizaron análisis de pérdida de peso, color, pH, acidez, carotenoides totales, vitamina C y sólidos solubles totales, cada tres días de almacenamiento. Se observó en el análisis de pérdida de peso que los frutos tratados con película de almidón y refrigerado a 8 °C (FPR) es menor que las otras muestras. En el análisis de acidez titulable se observó un descenso en el tercer día de almacenamiento, que pudo ser probablemente una consecuencia de la reducción de la actividad respiratoria, y un aumento más acentuado el sexto día en las muestras control. En el análisis de acidez iónica se observó en las muestras control FCSPR, FCSPA, en los seis días de almacenamiento tuvieron una disminución de pH y las muestras con película de almidón de yuca al 2 % un aumento de pH. En el análisis de sólidos solubles totales se observó las frutas recubiertas con película presentaron menores tenores de sólidos solubles que los frutos control en el sexto día de almacenamiento. En el análisis de vitamina C se observó disminución del contenido de vitamina C durante los primeros 3 días, aumentando luego hasta el sexto día, en las muestras con película de almidón de yuca a 2 % e independientemente de la temperatura de almacenamiento; mientras, que en las muestras control sin película de almidón, el contenido de vitamina C se incrementó durante el almacenamiento, lentamente en los primeros tres días y con mayor aumento entre los tres y seis días. Se analizo los carotenoides totales en donde se observó una disminución del contenido de carotenoides para todos los tratamientos salvo para la fruta con película y almacenada a temperatura ambiente,

que alcanzo el valor de 20 $\mu\text{g/g}$, a partir de los tres días el contenido de carotenoides aumentó independientemente del tratamiento aplicado.

Castricini et al (2009) citado por Almeida et al (2011), señala que en muestras de papaya con películas de almidón con un 3 % se obtienen mejores propiedades de retención de vapor de agua y que la pérdida de peso está directamente relacionada con la tasa de transpiración de los productos frescos.

Santamaría et al (2009) citado por Almeida et al (2011), afirmando que el día 1 después de la cosecha de frutos de papaya variedad Maradol determinó un contenido de carotenoides totales de 13.1 $\mu\text{g/g}$ de cáscara, el cual se fue incrementando paulatinamente hasta alcanzar 67 $\mu\text{g/g}$ de cáscara a los 13 y 15 días.

4.7. Temperatura

La temperatura es el más importante de los factores que gobierna el mantenimiento de la calidad postcosecha de las frutas, por lo tanto la mayor eficacia en el mantenimiento de la calidad, debería lograrse a temperaturas ligeramente por encima del punto de congelación o inmediatamente por encima de aquellas a las que los productos sensibles al frío comienza a ser lesionados, en el caso de frutos climatéricos se puede recurrir a las bajas temperaturas para retrasar el comienzo de la maduración organoléptica (Wills et al. 1998). La temperatura óptima para papayas verdes (maduras) a $\frac{1}{4}$ amarillas es 13 $^{\circ}\text{C}$ y para papayas parcialmente maduras ($\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ amarillas) es 10 $^{\circ}\text{C}$ mientras para papayas parcialmente maduras ($>\frac{1}{2}$ amarillas) es 7 $^{\circ}\text{C}$ (Kader 2012).

4.7.1. Refrigeración

La refrigeración es el proceso en el que se elimina calor de un material que se encuentra a una temperatura superior que la de su alrededor. La refrigeración es un término que se utiliza para denominar el almacenamiento de alimentos a temperaturas por debajo de 15 $^{\circ}\text{C}$ y por encima del punto de congelación. Estos procesos se han aplicado a la conservación de alimentos. Los alimentos una vez obtenidos de su fuente natural, presentan la problemática de ser perecederos y de

vida comercial limitada. Esto debido a que pueden alterarse, principalmente por tres mecanismos:

- Organismos vivos que los contaminan y deterioran. Destacando no sólo microorganismos (parásitos, bacterias y hongos), sino también insectos, en las diferentes fases de su ciclo vital.
- Actividades bioquímicas que se dan en los propios alimentos como son la respiración, pardeamiento, sobremaduración, que en la mayoría de los casos son debidas a enzimas presentes en los alimentos.
- Procesos físicos, como puede ser la pérdida de humedad del alimento, que conlleva a la deshidratación del mismo.

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. (Ibarz y Barboza 2005).

4.8. Humedad relativa

La tasa de pérdida de agua de los frutos y hortalizas depende de la diferencia en el déficit de la presión de vapor entre el producto y el medio ambiente, lo cual es influenciado por la temperatura y humedad relativa. La humedad relativa se expresa el contenido de agua del aire húmedo y se define como el cociente de la presión de vapor de agua en el aire/presión de vapor de agua a saturación a la misma temperatura, expresado en %. El aire saturado tiene por tanto, una humedad relativa al 100 %. La humedad relativa es una propiedad característica del producto y su contenido en agua. El agua pura tiene una humedad relativa del 100 % (Wills et al. 1998). La humedad relativa óptima para la papaya es de 90-95 % (Kader 2012).

4.9. Atmósfera de almacenamiento

La composición de la atmósfera del almacén influye sobre la vida útil del producto mientras permanece en él. Modificando las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono, se puede prolongar el período de almacenamiento rápido. En la atmósfera de almacén, se pueden acumular muchos compuestos volátiles, desprendidos por el producto o procedentes de otras fuentes. El más importante de estos compuestos es el etileno; su acúmulo, por encima de ciertos niveles críticos, puede reducir la vida útil del producto almacenado. Hoy en día se habla de almacenamiento de atmósfera

controlada donde se refiere a una atmósfera en la que se ha disminuido la concentración de oxígeno y se ha aumentado la de dióxido de carbono e implica un control preciso de estos gases. En cambio se habla de atmósfera modificada cuando no se controla cuidadosamente la composición de la atmósfera de almacenamiento (Wills et al. 1998).

4.9.1. Atmósfera controlada

El almacenamiento de la papaya en atmósferas controladas prolonga su vida útil de almacenamiento hasta por tres semanas. Si bien en la actualidad el tratamiento no se utiliza comercialmente, se recomienda considerar los siguientes parámetros: 3-5 % de CO₂, 3 % de O₂, 10-12 °C de temperatura y 90 % - 95 % de humedad relativa. La conservación de la fruta en condiciones hipobáricas (20 mm Hg) inhibe la maduración y el deterioro. Este sistema tampoco es empleado comercialmente en la actualidad (FAO 2000).

Kader (2012) menciona que se debería evitar la exposición de frutos de papaya a niveles de O₂ por debajo de 2 % y/o niveles de CO₂ por sobre 8 %, debido al potencial de desarrollo de sabores indeseables.

4.9.2. Control de la atmósfera en la conservación post cosecha de las papayas Sunrise

Solo y Golden

Estudios realizados por Oliveira et al (2003), utilizó atmósfera controladas (un 3,0 % de O₂ y un 6,0 % o 3,0 % de CO₂), simulando las condiciones de exportación refrigerada (10 °C) vía marítima, y de comercialización en el mercado europeo, de las papayas Sunrise Solo y Golden, cosechadas con 1 estría amarilla, en noviembre de 2000, en Linhares, Brasil. No fueron observados efectos significativos de las atmósferas para dureza de la pulpa, actividad de pectinametilesterasa, contenido de sólidos solubles, índice de madurez, índices de color de la cáscara y de la pulpa, pérdida de masa y pH. La atmósfera controlada conteniendo un 6 % de CO₂ perjudicó la calidad de las dos variedades de papayas, debido a mayor pérdida de frutas por ocurrencia de enfermedades post cosecha. Se cree que la elevación del nivel CO₂ ha provocado daño fisiológico que favoreció la infección de los tejidos y su colonización. Hubo menor incidencia de molestias en las papayas almacenadas bajo atmósfera con un 3 % de O₂ y un 3 % de CO₂.

Kader et al (2001) citado por Oliveira et al (2003), recomienda atmósferas entre un 3 % y un 5 % de O₂ y entre un 5 % y un 8 % de CO₂ para el incremento del periodo de almacenaje refrigerado (13 °C) de la papaya de 2 hasta 4 semanas para 3 hasta 5 semanas, enfatizando que concentraciones mayores que un 8 % de CO₂ y por debajo de un 2 % de O₂ promueven sabor y aroma no deseables y maduramiento irregular. Los mismos autores citan a Bleinroth et al (1995), para afirmar que la temperatura más adecuada para la conservación de papaya (10 °C), no paraliza el metabolismo de la fruta, lo que justificaría la adopción del control de la atmósfera como tecnología adicional para extender del periodo de su conservación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

1. El uso de las bajas temperaturas de 7 a 10 °C es el método más económico para el almacenamiento prolongado del fruto de la papaya, el efecto de la temperatura está estrechamente relacionado con la disminución de la respiración, producción de etileno y en general con el metabolismo del fruto de la papaya permitiendo alargar la vida de anaquel del fruto.
2. Las atmósferas de almacenamiento en la aplicación post cosecha de la papaya extiende la vida útil del fruto siempre y cuando la papaya no presente incidencia patógena. Se recomienda atmósferas entre un 3 % y un 5 % de O₂ y entre un 5 % y un 8 % de CO₂ para el incremento del periodo de almacenaje refrigerado (13 °C) de la papaya de 2 hasta 4 semanas para 3 hasta 5 semanas, enfatizando que concentraciones mayores que un 8 % de CO₂ y por debajo de un 2 % de promueven sabor y aroma no deseables y maduramiento irregular.
3. Se observó que la aplicación de madurante con etileno con altas concentraciones (500 µL L⁻¹) por un tiempo de 24 horas incrementa rápidamente la maduración homogénea del fruto de la papaya. Sin embargo el uso de tecnología en controlar la producción de etileno en frutos de papaya con 1-MCP (1-Metilciclopropeno) ayuda a prolongar la vida útil de anaquel del producto reduciendo la velocidad de maduración del fruto de papaya sin afectar la textura del mismo y pudiendo ser una estrategia efectiva para inducir atributos de calidad.
4. La mayor cantidad de pérdidas post cosecha del fruto de la papaya se da por la antracnosis ocasionada por *Colletotrichum gloeosporioides*, necesitando de condiciones favorables de temperatura de 25 °C y Humedad relativa 80 % para poder desarrollarse para completar sin limitaciones su proceso de infección en el fruto de la papaya ocasionando la pérdida de peso, pelado de la cascara, acelera la producción del etileno en el climaterio, originando pérdidas económicas teniendo como alternativa las plantas con propiedades antimicrobianas refiriéndose al extracto

de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y ajo (*Allium sativum*) restringiendo el crecimiento de *colletotrichum gloeosporioides*. otros estudios realizados muestran como una posible alternativa la utilización del fungicida procloraz para controlar eficazmente la contaminación fungosa, pero tendría que hacerse un estudio más profundo para determinar las concentraciones exactas que permitan controlar la antracnosis como la germinación y crecimiento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*.

5. Las entidades gubernamentales del Perú como las Universidades, Senasa, no han generado el impacto esperado en la cadena productiva del fruto de la papaya. En el caso de los productores de la selva central el manejo agronómico es aún incipiente y la mayoría de los productores reciben manejo técnico de las casas comerciales de agro químicos, pero no existen profesionales con preparación específica en dicho cultivo.
6. En el momento de la cosecha los operadores que manipulan el fruto de la papaya algunas veces dejan caer el fruto al suelo y más aún cometen el error de mezclar estos frutos golpeados con los frutos sanos, hecho que contribuye a elevar el porcentaje de pérdidas post cosecha. De otro lado, la carretilla y la vara que se utilizan al momento de cosechar el fruto se deben desinfectar antes y después de cada cosecha para evitar la diseminación de enfermedades.
7. Al momento de seleccionar el fruto de la papaya los operadores no tienen el cuidado mínimo en separar los frutos infectados por el *Colletotrichum gloeosporioides* favoreciendo la contaminación de los frutos en buen estado y generando grandes pérdidas económicas para los comerciantes.
8. Para la maduración rápida del fruto de la papaya los productores, transportistas, comerciantes, utilizan carburo y cerone (Ethrel 48 SL) sin control de la dosis, lo cual atenta contra la salud de los consumidores.
9. El transporte del fruto de la papaya no es especializado y las personas que lo realizan no han recibido ningún tipo de capacitación con esta tarea, lo cual les impide

garantizar actualmente el manejo óptimo de la papaya como alimento incurriendo en malas prácticas como transporte a granel, exceso de carga y manejo poco cuidadoso en el descargue del fruto.

10. La comercialización del fruto de la papaya en los mercados de acopio es inadecuado por no contar con los envases adecuados (cubetas de plástico), pudiendo evitar que el fruto se comprima permitiendo garantizar un óptimo estado al momento de presentarla al consumidor final.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abanto Torres, LA. 2005. Aplicación de dos tipos de abófoles en el manejo orgánico del cultivo del pimiento bajo condiciones de módulo hidropónico. Tumbes, Perú. Consultado el 16 de dic. 2012. Disponible en http://www.concytec.gob.pe/portalsinacyt/images/stories/corcytecs/tumbes/tesis_unt_tumbes_aplicacion_de_2_cultivos_de_abofoles.pdf
- Allamong, BD; Mertens, TR. 1990. Energía de los procesos biológicos: Fotosíntesis y respiración. 2 ed. México. Editorial Limusa, S.A. 236 p.
- Almeida Castro, A; Reis Pimentel, J; Santos Souza, D; Vieira de Oliveira, T; Costa Oliveira, M da. 2011. Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya L.*) asociado a la aplicación de películas comestibles (en línea). Consultado el 31 ene. 2012. Disponible en http://www.rvcta.org/Publicaciones/Vol2Num1/ArchivosV2N1/Almeida-Castro_et_al._RVCTA-V2N1.pdf
- Arango Wiesner, LV. 2004. El cultivo de la papaya en los llanos orientales de Colombia (en línea). Villavicencio, Colombia. Consultado 21 nov. 2011. Disponible en http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Cultivo%20de%20la%20papaya.pdf
- Baños Guevara, PE; Zavaleta Mejía, E; Colinas León, T; Romero, IL; Gutiérrez Alonso, JG. 2004. Control biológico de *Colletotrichum gloeosporioides* [(PENZ.) PENZ. Y SACC.] en papaya maradol roja (*Carica papaya L.*) y fisiología post cosecha de frutos infectados (en línea). Obregón – México. Consultado 03 ene. 2012. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/612/61222206.pdf>
- Barrera Necha, LL; García Barrera, LJ. 2008. Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium sp.* aislado de la

papaya (*Carica papaya L.*). (En línea). Morelos, México. Consultado 10 ene. 2012. Disponible en <http://www.bioline.org.br/pdf?cg08005>

- Cabrera Mederos, D; Maylin Cruz, M; Portal Villafaña. O. 2010.Efecto de la temperatura en la virulencia del virus de la mancha anular de la papaya (en línea). Villa Clara, México. Consultado 09 ene. 2012. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=209115357009>
- Castro Landín, L; Alberto Morales, L; Aranguren González. 2000. Fundamentos teórico – prácticos sobre el cultivo y cosecha de la papaya *Carica papaya L.* (en línea). Consultado el 16 de abr. 2000. Disponible en <http://monografias.umcc.cu/monos/2001/mono9.pdf>
- Calzada Benza, J; Bermúdez Rodríguez, J; Bautista Carrasco, V; Moran Robles, M. 1975. Programa de frutales nativos: Cultivo de papayo. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina del Perú. 50 p (Boletín técnico nº 3).
- CORPOICA (Corporación Colombiana De Investigación Agropecuaria).2003. Tecnologías sostenibles para el manejo de la antracnosis en papaya y el mango (en línea). Valledupar, Colombia. Consultado el 25 dic. 2011. Disponible en http://www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/271manejo_antracnosis_en_mango.pdf
- Cruz Medina, J de la; Ramírez García, P; S. García, H. 2007.Estudio del efecto de la maduración acelerada y la refrigeración sobre la fisiología de la papaya maradol (*Carica papaya L.*). (en línea). Veracruz, México. Consultado 18 ene. 2012. Disponible en <http://www.horticom.com/pd/imagenes/68/089/68089.pdf>
- Cruz, J de la; Vela, G; Dorantes, L; 2010. Efecto del etileno sobre el ACC y ACC oxidasa en la maduración de la papaya maradol. (En línea). México. Consultado 13 ene. 2012. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=61013185006>

- Durán, A; Mora, D; Ramírez, L. 2000. Los peciolos de la papaya como fuente de inoculo de la antracnosis y su eliminación como práctica de control (en línea). Alajuela, CR. Consultado 05 ene. 2012. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=43711202>
- Durán, A; Mora, D; Ramírez, L. 1998. Requerimientos de humedad relativa y tiempos de incubación para la infección de conidios de *Colletotrichum gloeosporioides* en frutos de papaya (en línea). Consultado 07 ene. 2012. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_meso/v09n01_081.pdf
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2000. Manejo Post cosecha de la papaya (en línea). Consultado 14 dic. 2011. Disponible en http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s02.htm
- García Breijo, FJ. 2003. El agua en las plantas (en línea). Universidad Politécnica de Valencia. Consultado 29 de Jun. 2012. Disponible en <http://www.euita.upv.es/varios/biología/programa.htm>
- García, M. 2010. Nutrición de plantas (en línea). Consultado el 22 de abr. 2012. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~horticultura/CURSO%20HORTICULTURA/curso%202010/Nutrici%F3n%20de%20plantas.pdf>
- Gil, A; Miranda, D. 2005. Morfología de la flor y de la semilla (en línea). Bogotá-Colombia. Consultado el 14 de dic. 2012. Disponible en <http://www.soccolhort.com/revista/pdf/magazin/Vol2/vol.2%20no.2/Vol.2.No.2.Art.2.pdf>
- Guzmán Díaz, GA. 1998. Guía para el cultivo de la papaya (en línea). San José, CR. Consultado 22 nov. 2011. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_papaya.pdf

- Ibarz, A; Barbosa-Cánovas, GV. 2005. Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. 1 ed. Madrid – España. Editorial Mundi – Prensa. S.A. 865 p.
- José, ARS. 2000. Aspectos sobre la producción de la papaya (en línea). Managua, Nicaragua. Consultado 01 ene. 2012. Disponible en http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACR307.pdf
- Kader, AA. 1992. Biología y Tecnología de Post Cosecha (en línea). Universidad de California. Consultado 22 dic. 2011. Disponible en <http://www.funprover.org/formatos/manualTomate/Biologia%20y%20Tecnologia%20de%20Postcosecha.pdf>
- Kader, AA. 2012. Papaya (en línea). Universidad de California. Consultado el 02 de ago. 2012. Disponible en http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Papaya_ESP/
- Manual técnico buenas prácticas agrícolas en papaya, 2002. Generalidades del cultivo (en línea). Consultado 19 nov. 2011. Disponible en <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/BUENASPRACTICASPAPAYA.pdf>
- Montero, H. 2003. Cosecha y post cosecha de la papaya. (en línea). Colombia. Consultado el 02 abr. 2013. Disponible en <http://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=manejo%20postcosecha%20de%20la%20papaya%20hugo%20montero%20corpoica&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CDEQFjAA&url=http%3A%2F%2F201.234.78.28%3A8080%2Fjspui%2Fbitstream%2F123456789%2F3908%2F1%2F131.1.pdf&ei=UYRbUb6BJ8L14AOmo4DgCw&usg=AFQjCNEFjaqUGAUyjOzMByAiQZY7PRHnug&bvm=bv.44697112,d.dm g>
- Oliveira de Fonseca, MJ; Rocha Leal, N; Cenci, SA; Cecon, PR; Botrel, N. 2003. Control de la atmósfera en la conservación post cosecha de las papayas Sunrise, Solo y Golden (en línea). Hermosillo, México. Consultado el 04 feb. 2012. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=81350205>

- Petit-Jiménez, D; Terán, Y; Rojas, B; Salinas-Hernández, R; García-Robles, J; Báez-Sañudo, R. 2010. Efecto de las ceras comestibles sobre la calidad en frutos de papaya. (en línea). México. Consultado el 25 ene. 2012. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=81315093006>
- Roncal Ordoñez, MS; 2004. Principios de fitopatología andina. 1ed.Cajamarca-Perú. Editorial UNC. 420 p.
- Sánchez, M. 2001. Inducción de vigor en plántulas de *Carica papaya L.* por efecto de la micorriza arbuscular *Glomus ssp.* Consultado 15 dic. 2012.
- Sañudo Barajas, A; Siller Cepeda, J; Osuna Enciso, T; Muy Rangel, D; López Alvarez, G; Labavitch, J. 2008. Control de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya L.*) con 1- metilciclopropeno y ácido 2- cloroetil fosfónico. (en línea). Chapingo, México. Consultado 15 ene. 2012. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=61031207>
- Scotto Espinoza, C. 2010. Breve análisis de la importancia del cultivo de papaya en el Perú y la pertinencia del uso de variedades transgénicas resistentes al virus de la mancha anillada (en línea). Consultado 18 abr. 2011. Disponible en <http://pe.biosafetyclearinghouse.net/consultorias/ovmpapayamejoraIscotto2010.pdf>
- Wills, R; Mc Glasson, B; Graham, D; Joyce D. 1998. Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Trad. J. Burgos. Postharvest. An Introduction to the Physiology and Handling of fruit, vegetables and ornamentales.2 ed. Zaragoza – España. Editorial Acribia, S.A. 239 p.
- Zavala León, MJ; Tun Suárez, JM; Cristóbal Alejo, J; Ruiz Sánchez, E; Gutiérrez Alonso, O; Vázquez Calderón, M; Méndez González, R. 2005. Control post cosecha de la antracnosis en papaya y sensibilidad de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.)Sacc. A Fungicidas Organosintéticos (en línea). Chapingo, México. Consultado 08 ene. 2012. Disponible en
- <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=60911210>

ANEXO

NORMAS DE CALIDAD

Para la comercialización en los mercados locales, se recomienda aplicar los factores y valores contemplados en las normas nacionales. Para fines de exportación, es necesario cumplir con las exigencias de calidad y envase de los países importadores. A continuación, como una guía general, se describe la norma del Codex Alimentarius.

NORMA DEL CODEX ALIMENTARIUS PARA LA PAPAYA

1. Definición del producto

Esta norma se aplica a las variedades comerciales de papaya obtenidas de *Carica papaya L.*, de la familia de las *Caricáceas* que habrán de suministrarse frescas al consumidor, después de su acondicionamiento y envasado. Se excluyen las papayas destinadas a elaboración industrial.

2. Disposiciones relativas a la calidad

2.1. Requisitos mínimos

A reserva de las disposiciones especiales para cada categoría y las tolerancias permitidas, las papayas deberán:

- Estar entera.
- Tener una consistencia firme.
- Ser frescas.
- Estar sanas; deberán excluirse los productos afectados por pudrición o deterioro que impidan su consumo.
- Estar prácticamente exentas de materias extrañas visibles.
- Estar prácticamente exentas de daños causados por parásitos.
- Estar exentas de magulladuras pronunciadas
- Estar exentas de daños causados por las bajas temperaturas.

- Estar exentas de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica.
- Estar exentas de olores o sabores extraños.
- Cuando tengan pedúnculo, su longitud no deberá ser superior a un centímetro, y el corte deberá ser neto.
- El desarrollo y condición de las papayas deberán ser tales que les permitan soportar el transporte y la manipulación, y llegar en estado satisfactorio a su destino.

2.2. Clasificación

Las papayas se clasifican en tres categorías según se definen a continuación:

2.2.1. Categoría extra

Las papayas de esta categoría deberán ser de calidad superior y características de la variedad y/o tipo comercial.

No deberán tener defectos, con excepción de irregularidades superficiales muy leves en la piel, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, a su calidad y estado de conservación y a su presentación en el envase.

2.2.2. Categoría I

Las papayas de esta categoría deberán ser de buena calidad y características de la variedad y/o tipo comercial.

Podrán permitirse para las papayas de esta categoría los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto, a su calidad y estado de conservación y a su presentación en el envase:

- Defectos leves de forma y color.
- Defectos leves en la piel (como rasguños, cicatrices, magulladuras, manchas causadas por el sol y quemaduras de látex). La superficie total afectada no deberá exceder del tres por ciento.

En ningún caso los defectos deberán afectar a la pulpa de la fruta.

2.2.3. Categoría II

Esta categoría comprende las papayas que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero satisfacen los requisitos mínimos especificados anteriormente en la Sección 2.1.

Podrán permitirse los siguientes defectos, siempre y cuando las papayas conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad y estado de conservación y a su presentación:

- Defectos de forma y color, siempre y cuando el producto tenga las características propias de la papaya.
- Defectos de la piel (es decir, rasguños, cicatrices, raspaduras, magulladuras, manchas producidas por el sol y quemaduras de látex). La superficie total afectada no deberá exceder del diez por ciento.

En ningún caso los defectos deberán afectar a la pulpa de la fruta.

3. Disposiciones sobre la clasificación por calibres

El calibre se determina por el peso de la fruta, que deberá ser como mínimo de 200 gramos de acuerdo con el cuadro siguiente:

Tabla 4. Clasificación por peso

Letra de referencia	Peso en gramos
A	200 - 700
B	700 - 1300
C	1300 - 1700
D	1700 - 2300
E	>2300

4. Disposiciones sobre tolerancias

En cada envase (o en cada lote, para los productos presentados a granel) se permitirán tolerancias en lo referente a la calidad para aquellos productos que no satisfagan los requisitos de la categoría indicada.

4.1. Tolerancias de calidad

4.1.1. Categoría extra

Cinco por ciento, en número o en peso, de las papayas que no satisfagan los requisitos de esta categoría, pero satisfagan los de la categoría I o, en casos excepcionales, que no superen las tolerancias establecidas para esta última.

4.1.2. Categoría I

Diez por ciento, en número o en peso, de las papayas que no satisfagan los requisitos de esta categoría, pero satisfagan los de la categoría II o, en casos excepcionales, que no superen las tolerancias establecidas para esta última.

4.1.3. Categoría II

Diez por ciento, en número o en peso, de las papayas que no satisfagan los requisitos de esta categoría ni los requisitos mínimos, con excepción de los productos afectados por podredumbre o cualquier otro tipo de deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo.

4.2. Tolerancias de calibre

Cinco por ciento para la categoría «Extra» y diez por ciento para las categorías I o II; en número o en peso, de las papayas que no satisfagan los requisitos relativos al calibre, pero entren en la categoría inmediatamente inferior o superior a las indicadas en la Sección 3.

5. Disposiciones relativas al producto

5.1. Homogeneidad

El contenido de cada envase (o lote, para productos presentados a granel) deberá ser homogéneo y constar únicamente de papayas del mismo origen, variedad, calidad y calibre. Para la categoría «Extra», el color y la madurez también deberán ser homogéneos. La parte visible del contenido del envase (o lote para productos presentados a granel) deberá ser representativa de todo el contenido.

5.2. Envasado

Las papayas deberán envasarse de tal manera que el producto quede debidamente protegido.

El material utilizado en el interior de los envases deberá ser nuevo, estar limpio y ser de calidad tal que evite daños externos o internos al producto. Se permite el uso de materiales, en particular papel o sellos, que lleven las especificaciones comerciales, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamento no tóxicos.

Las papayas deberán disponerse en envases que se ajusten al Código de Prácticas para el Envasado y Transporte de Frutas y Hortalizas Tropicales Frescas.

5.2.1. Descripción de los envases

Los envases deberán satisfacer las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia para asegurar una manipulación, transporte y conservación apropiados de las papayas. Los envases (o lotes, para productos a granel) deberán estar exentos de materias y olores extraños.

6. Marcado o etiquetado

6.1. Envases destinados al consumidor final

Además de los requisitos de la Norma General del Codex para el Etiquetado de Alimentos Pre envasados (CODEX STAN 1-1985, Rev. 1-1991; Volumen 1 del

Codex Alimentarius - Requisitos Generales), se aplican las siguientes disposiciones específicas.

6.1.1. Naturaleza del producto

Si el producto no es visible, cada envase deberá llevar una etiqueta con el nombre del alimento, pudiendo etiquetarse también con el nombre de la variedad.

6.2. Envases no destinados a la venta al por menor

Cada envase deberá llevar las siguientes indicaciones en letras agrupadas en el mismo lado, marcadas de forma legible e indeleble y visible desde el exterior, o en los documentos que acompañan al lote.

En el caso de productos transportados a granel, estas indicaciones deberán aparecer en un documento que los acompañe.

6.2.1. Identificación

Exportador, envasador y/o expedidor.

6.2.2. Nombre del producto

Nombre del producto, si el contenido no es visible desde el exterior. Nombre de la variedad o del tipo comercial (si procede).

6.2.3. Origen del producto

País de origen y, facultativamente región donde se cultivó, o nombre nacional, regional o local.

6.2.4. Identificación comercial

- Categoría
- Calibre (letra de referencia o gama de pesos)
- Número de unidades (facultativo)

- Peso neto (facultativo)

6.2.5 Marca oficial de inspección (facultativo)

7. Contaminantes

7.1. Metales pesados

Las papayas deberán estar exentas de metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

7.2. Residuos de plaguicidas

Las papayas deberán ajustarse a los límites máximos para residuos de plaguicidas establecidos por el Comité del Codex sobre Residuos de Plaguicidas para este producto.

8. Higiene

Se recomienda que el producto al que se refieren las disposiciones de esta norma sea elaborado y manipulado de acuerdo con lo estipulado en las secciones oportunas del Código Internacional Recomendado de Prácticas, Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969, Rev. 2 - 1985), así como de otros Códigos de Prácticas recomendados por la Comisión del Codex Alimentarius y que sean pertinentes en relación con este producto.

En la medida de lo posible, de acuerdo con las buenas prácticas de fabricación, el producto estará exento de sustancias objetables.

Cuando se analice siguiendo los métodos apropiados de muestreo y examen, el producto:

- Deberá estar exento de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.
- Deberá estar exento de parásitos que puedan representar un peligro para la salud.
- No deberá contener ninguna sustancia generada por microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

Los Gobiernos, al indicar su aceptación de la norma del Codex para la Papaya, deberán notificar a la Comisión cuáles disposiciones de la norma serán aceptadas para aplicarlas en el punto de importación y cuáles para aplicarlas en el punto de exportación.

Los gobiernos, al indicar su aceptación de esta Norma del Codex, deberán notificar a la Comisión cuáles disposiciones de esta sección se aplicarán.

Fuente: FAO (2000).

FOTOS



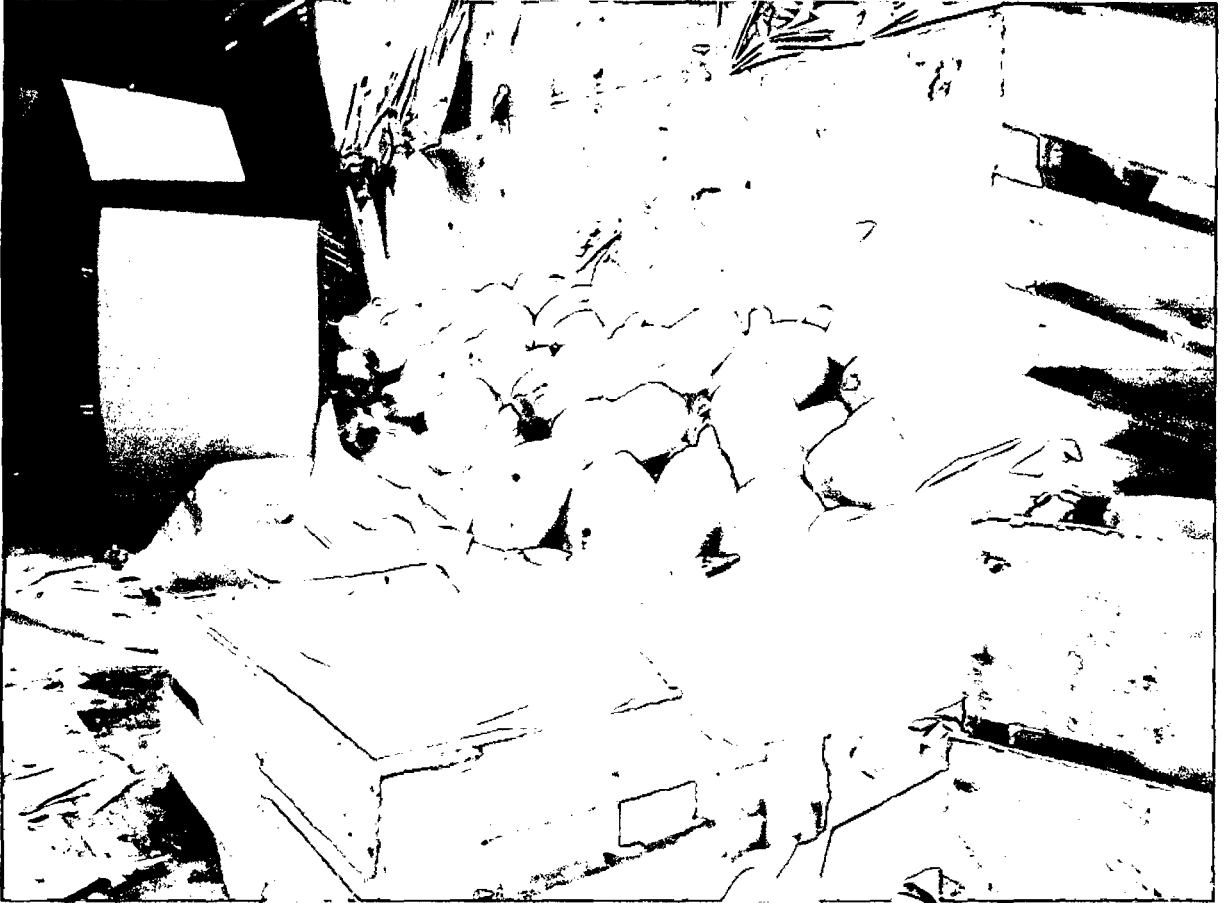
Fotografía 1. Selección del fruto de la papaya.



Fotografía 2. Frutos de papaya. Formas y tamaño.



Fotografía 3. Cajas de madera inadecuadas para el empaque del fruto de la papaya.



Fotografía 4. Frutos de papaya defectuosos (comprimidos, sobre maduros).



Fotografía 5. Frutos de papaya. Estado pintón de la papaya.



Fotografía 6. Empaque del fruto de la papaya. Papel periódico inadecuado, envase inadecuado.



Fotografía 7. Frutos de papaya con aproximadamente 60-65 % de color amarillo.



Fotografía 8. Frutos de papaya madura con pequeñas manchas de color café.