



# Memoria

## Curso de Capacitación

13 de Julio, 2005



### Sistema poscosecha en frutas de mango, melón y sandía: conceptos y aplicaciones





# **MEMORIA**

## **Curso de Capacitación**

**13 de Julio, 2005**

### **“Sistemas poscosecha en frutas de mango, melón y sandía: conceptos y aplicaciones”**



**Editado por: Gloria Meléndez y Gerardina Umaña**



## **SISTEMAS POSCOSECHA: GENERALIDADES**

---

**Ing. Paula Calvo Brenes <sup>1</sup>**  
[paulac@cia.ucr.ac.cr](mailto:paulac@cia.ucr.ac.cr)

### **INTRODUCCIÓN**

El conocimiento de la fisiología de los diferentes órganos de la planta que se están produciendo y comercializando y los procesos que se dan en ellos, es crucial para la toma de decisiones y para el desarrollo de una tecnología adecuada que permita una producción exitosa y el mantenimiento de la calidad del producto hasta que llega al consumidor final.

Junto a la comprensión de la fisiología de los productos, es importante tener presente en todo momento la visión de la producción agrícola como un sistema que abarca e integra todas las prácticas de producción, desde la elección del material de siembra, la fertilización, uso de agroquímicos, saneamiento, etc., hasta las etapas de cosecha, transporte, almacenamiento y comercialización.

La producción agrícola con alta calidad y la minimización de pérdidas, está en dependencia de la integración de todos los factores de producción y el manejo poscosecha, así como el conocimiento de las exigencias del mercado meta, que son en última instancia los que determinan o no la aceptación de un producto agrícola.

### **1. DEFINICIÓN DE LA ETAPA POSCOSECHA**

La etapa poscosecha tiene por objetivo la prolongación de la calidad del producto agrícola desde que es cosechado hasta el momento en que se consume. Incluye todas las prácticas que influyen sobre la calidad de un producto agrícola una vez que ha sido cosechado:

a) Cosecha: Se da con la remoción del producto de la planta madre, la cosecha debe realizarse con sumo cuidado. El evitar golpes, heridas, etc., es sumamente importante para mantener la

---

<sup>1</sup>Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas, Laboratorio de Tecnología Poscosecha

calidad del producto ya que muchas veces estas heridas y golpes no son perceptibles en ese momento, si no que se manifiestan hasta que el producto madura.

b) Transporte: Movilización del producto agrícola desde el campo hasta la planta empacadora o punto de comercialización. Debe ponerse especial atención en la forma de transportar el producto, se deben utilizar cajas y medios de transporte adecuados, que le den protección al producto, de manera que ocurra la mínima deshidratación, contaminación y daños en general.

c) Preparación y/o aplicación de tratamientos: Se refiere a la etapa de acondicionamiento del producto hacia la forma en que es consumido (productos precortados, pelados, congelados, etc). Incluye también la etapa de lavado y aplicación de tratamientos poscosecha como fungicidas, ceras, retardadores o aceleradores de maduración, etc.

d) Almacenamiento: Una vez que el producto ha sido preparado y empacado, por lo general se procede al almacenamiento del mismo, el cual se realiza en cámaras de refrigeración con temperatura y humedad relativa controladas, esto con el fin de alargar la vida del producto.

e) Comercialización y Consumo: La etapa poscosecha comprende también los procesos de comercialización y consumo, el cuidado en los puntos de venta son los que definen el éxito de la producción ya que es en este momento donde ocurre la aceptación del producto por parte del consumidor final, a quien debe garantizarse la calidad del producto hasta el momento en que sea consumido.

El manejo poscosecha busca el mantenimiento de la calidad que un producto trae desde el campo, esto debido a que la calidad de un producto no se puede mejorar una vez que éste ha sido cosechado, por lo tanto todas las prácticas poscosecha se enfocan hacia el mantenimiento de la calidad.

El manejo de la plantación en el campo es de crucial importancia para la conservación posterior de un producto. Así por ejemplo una fertilización adecuada contribuye a la formación de paredes celulares fuertes que minimicen la infección por enfermedades, así como daños de tipo mecánico, igualmente la fertilización es importante para el adecuado llenado de los frutos y la

obtención de características de calidad adecuadas, como los son el contenido de azúcares, ácidos, etc.

Adecuadas prácticas en campo como poda, distancias de siembra, preparación del terreno, contribuyen también a minimizar el desarrollo de enfermedades y evitar problemas fisiológicos como quemaduras por sol, etc., que posteriormente van a afectar la calidad del producto a nivel poscosecha.

## **2. CONCEPTO DE CALIDAD**

### **2.1. Definición de calidad**

La calidad es el conjunto de características que hacen que un producto cumpla con los requisitos, ¿Cuáles requisitos? Los del mercado meta, es decir la calidad está determinada por lo que solicite el consumidor.

### **2.2. Parámetros que determinan la calidad y evaluación de éstos**

La calidad en términos generales está determinada por cuatro grandes componentes:

**2.1. Aspectos comerciales:** La calidad de los productos agrícolas en muchos casos está dada por exigencias netamente comerciales, es decir responden a normas o reglamentos de calidad que se deben de cumplir para lograr la aceptación del mercado meta. Para la evaluación de estos parámetros se utilizan las normativas comerciales o guías que indican aspectos como tipo de calibre, tolerancia a presencia de partículas externas como polvo, presencia de plagas, manchas en la cáscara, coloración etc.

**2.2. Características organolépticas:** Se refiere a las características físico-químicas que están relacionadas con el sabor y gusto de los productos agrícolas, entre las cuales se pueden mencionar acidez, contenido de azúcares, firmeza, componentes volátiles que influyen en el aroma, etc.

La medición de estas características la mayoría de las veces se lleva a cabo en laboratorios especializados, ya que algunas de estas evaluaciones requieren de equipos complejos y personal

especializado, sin embargo existen algunos parámetros que se evalúan en campo o plantas empacadoras como es el caso de sólidos solubles o color para los cuales se han desarrollado equipos portátiles y fáciles de utilizar.

**2.3. Características nutricionales:** Las características nutricionales están dadas por los componentes que contribuyen al valor nutritivo de un producto agrícola, de manera que su calidad está valorada según el valor nutritivo y el aporte que el producto pueda dar para el beneficio de la salud humana. Entre los parámetros que se evalúan pueden citarse contenido de vitaminas y minerales, fibra, etc. La evaluación de éstos parámetros se realiza en los laboratorios ya que para la detección de los mismos se utilizan metodologías complejas, así como equipos y materiales especializados.

**2.4. Seguridad al consumidor:** La seguridad para el consumidor está dada por la inocuidad del producto agrícola, es decir la condición del producto que hace que éste sea higiénicamente aceptable y no represente ningún tipo de riesgo para la salud. Para garantizar la seguridad al consumidor se implementan Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP). Ambas normativas han comenzado a ser exigidas por los mercados internacionales para garantizar el consumo de productos seguros.

### **3 PRODUCTOS CON CALIDAD SEGUROS PARA EL CONSUMIDOR**

#### **3.1. Concepto de inocuidad**

Por inocuidad puede entenderse la condición de los alimentos que garantiza que no causarán daño al consumidor cuando se preparan y/o consumen de acuerdo con el uso al que se destinan. La inocuidad es uno de los cuatro grupos básicos que componen la calidad de los alimentos, comprende la identificación y determinación de los peligros asociados con el cultivo y la cosecha hasta llegar a la comercialización y el consumo.

Hay numerosos peligros de naturaleza física, química o microbiológica que pueden provocar la pérdida de inocuidad. Dada la fuerte relación que existe entre este aspecto y la salud de los consumidores, su cuidado adquiere importancia fundamental.

## **3.2. Riesgos y tipos de Contaminación**

### **3.2.1. Riesgos biológicos**

El mayor riesgo de enfermedades o daño provocado por los alimentos en los humanos se da por los riesgos biológicos. Los riesgos biológicos abarcan la presencia de microorganismos tales como bacterias, hongos y virus.

En la mayoría de los casos la presencia de un solo agente patógeno no es suficiente para causar una enfermedad que sea transmitida por los alimentos, si no que el agente patógeno tiene que aumentar a un número lo suficientemente alto para causar una infección. Por lo tanto los alimentos y el manejo que se les da a estos son los que pueden o no permitir el crecimiento del patógeno, así por ejemplo un alimento tiene que permanecer en un rango apto de temperatura y por un tiempo suficiente para permitir que un organismo se multiplique.

Por otra parte existen algunos organismos patógenos como por ejemplo *Escherichia coli* que posee un potencial infeccioso muy alto, por lo que su sola presencia ya representa una amenaza. Algunos ejemplos de agentes bacterianos importantes en la contaminación de alimentos son: *Salmonella* sp, *Staphylococcus* sp, *Clostridium* sp, *Shigella* sp, *Listeria* sp, *Campylobacter* sp.

Los virus por su parte no se pueden multiplicar en los alimentos, las enfermedades virales transmitidas por alimentos son causadas por la contaminación fecal del mismo, en muchos casos causada por la falta de higiene del personal que manipula los alimentos, aguas de riego contaminadas y presencia de animales.

Existen otros microorganismos que aunque no representan ningún peligro para la salud, pueden ser importantes en la contaminación general de un producto, provocando descomposición de éste, lo cual afecta la calidad y la vida útil, en este caso hablamos de microorganismos fitopatógenos.

### **3.2.2. Riesgos químicos**

Los químicos que presentan riesgo para la salud, por lo general pueden llegar a los alimentos por una de las siguientes rutas:

a) Están presentes en forma natural: Se refiere a sustancias tóxicas que aunque se encuentran naturalmente en las plantas han sido categorizadas como riesgos químicos, como ejemplo se pueden citar algunos champiñones que poseen toxinas, o algunos granos y nueces que por invasión por hongos poseen aflatoxinas.

b) Han sido agregados intencionalmente: Toma en cuenta aquellos químicos que han sido agregados intencionalmente en los productos, tanto a nivel de campo o a nivel poscosecha. Los químicos agregados intencionalmente son seguros cuando se utilizan a niveles establecidos como inocuos, es decir en las dosis y forma adecuada, sin embargo pueden volverse extremadamente peligrosos cuando son utilizados incorrectamente.

c) Han sido agregados en forma no intencional: Este tipo de contaminación se da por falta de cuidado en los procesos, así por ejemplo pueden confundirse los químicos y agregar una sustancia no permitida y con altos niveles de toxicidad por un error, en las plantas empacadoras las aguas de lavado pueden contaminarse con aceites que se utilizan para engrasar la misma maquinaria, etc.

### **3.2.3. Riesgos físicos**

Los peligros físicos consisten en objetos foráneos o materias extrañas que normalmente no se encuentran en los alimentos, como por ejemplo fragmentos de metal, vidrio, madera, etc. Por lo general se hace una distinción entre productos físicos que pueden producir daño al consumidor (astillas, trozos de vidrio, etc) y aquellos que no, pero que sin embargo son estéticamente desagradables (polvo, cabello, etc), estos últimos además hacen que el producto sea rechazado por el incumplimiento de normas que no permiten la presencia de objetos extraños en los productos.

Existen varias fuentes de contaminación física, entre las cuales se pueden citar:

a) Materias primas contaminadas: Los agroquímicos que se utilizan en el proceso de producción, así como aguas de lavado, etc; pueden contener algunas de las partículas mencionadas anteriormente, las cuales pueden causar contaminación del producto.



b) Instalaciones: Instalaciones inadecuadas, en mal estado o mal diseñadas, pueden causar contaminación física de los productos, así por ejemplo si el producto se estiba o transporta en cajas de madera puede darse riesgo de contaminación por astillas, de igual manera instalaciones con condiciones deficientes de limpieza pueden causar la permanencia de plagas que contaminen el producto, instalaciones en mal estado pueden causar contaminación por desprendimiento de piezas como clavos, pedazos de metal, etc.

c) Personal: Las prácticas inadecuadas del personal son por lo general las responsables de la mayoría de los contaminantes físicos presentes en los productos. Estos contaminantes son en su mayoría joyas, lapiceros, clips, etc.

Es importante la capacitación y supervisión del personal en este sentido, así como elaborar reglamentos internos con respecto a la vestimenta, retención del cabello, uso de joyas, etc., para de esta manera minimizar la contaminación física ocasionada por el personal.

## **4 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS FRESCOS**

### **4.1 Clasificación según órganos**

#### **4.1.1 Raíces y tubérculos**

Las raíces y tubérculos son órganos subterráneos, adaptados para el almacenamiento de sustancias nutritivas, las cuales están constituidas principalmente por almidones y azúcares. Los tubérculos son estructuras similares a las raíces, sin embargo anatómicamente son diferentes ya que al igual que los bulbos se originan de tallos modificados, su principal problema a nivel poscosecha es su capacidad de brotación.

Las raíces y tubérculos no presentan variaciones fuertes en la tasa respiratoria, sin embargo algunos órganos pueden presentar incrementos importantes en la respiración, especialmente en el momento de brotación de aquellos órganos que son capaces de iniciar el crecimiento vegetativo.

En general estos órganos se caracterizan por la ausencia de capas cerosas en la cutícula, y la presencia de cáscaras poco gruesas, las cuales favorecen la absorción de agua y nutrientes, y ésta característica hace también que sean susceptibles a las pudriciones, a problemas de oxidación y en general al deterioro a nivel poscosecha.

#### **4.1.2 Vegetativos**

Los órganos vegetativos están representados por las hojas y tallos, los cuales son utilizados con fines ornamentales o para el consumo. En general los órganos vegetativos no sufren variaciones respiratorias, su deterioro está dado por un proceso normal de envejecimiento y muerte de tejidos.

Mientras están unidas a la planta madre, las hojas cumplen la función de fotosíntesis, controlan la transpiración y ayudan a regular la temperatura, una vez que han sido cosechadas estas funciones dejan de ser operativas, las hojas dejan de adquirir la energía necesaria para realizar sus funciones y es cortado el suministro de agua que poseía para recuperar el agua perdida en el proceso de transpiración.

Como respuesta a esa pérdida de agua, las hojas cierran sus estomas, esto ocasiona que se disminuya la tasa de pérdida de agua, sin embargo el problema no se elimina totalmente. La superficie exterior de las hojas de algunas especies de plantas está cubierta por una cutícula con superficie cerosa, la cual contribuye a minimizar la pérdida de agua.

La tasa de pérdida de agua está entonces en función de la naturaleza del producto y las condiciones ambientales a las cuales se exponen una vez cosechadas. Condiciones de almacenamiento con alta humedad relativa son favorables para evitar la pérdida de agua, igualmente una práctica utilizada para alargar la vida de las hojas es cosecharlas con tallo, éste último aunque no sea consumido o comercializado actúa como una fuente de reserva de agua y carbono. Otra característica importante en las hojas es su alta relación superficie volumen, lo cual contribuye al deterioro y a que se presenten problemas mecánicos.

Por su parte los tallos tienen como función el transporte de nutrientes desde las hojas hacia otros sitios de la planta, igualmente contribuyen al transporte de agua y minerales desde las

raíces hasta las hojas y otros órganos. Los tallos sirven para soporte y en algunos casos sirven para el almacenamiento de nutrientes. Algunos tallos como los del apio poseen paredes desarrolladas y carnosas los cuales tienden a acumular más reservas energéticas. La pérdida de agua en los tallos es menor que en las hojas ya que tienen menor relación superficie volumen y están menos expuestos a heridas.

#### **4.1.3 Flores**

Las flores representan un grupo muy diverso en cuanto a tamaños, formas, estructuras, período de vida y utilización. La flor clásica consta de pedicelo (eje que sostiene la flor), receptáculo floral (origina los apéndices florales), sépalos, pétalos, estambres (contienen los granos de polen) y carpelos.

Los carpelos por su parte están formados por el estigma (parte que recibe el polen), estilo (porción angosta debajo del estigma) y el ovario (base ensanchada que posee los rudimentos seminales), los carpelos son los que posteriormente darán origen al fruto una flor puede tener uno o varios carpelos.

La longevidad de las flores depende de cada especie y del manejo poscosecha. La antesis o momento de apertura está dado en un período corto, la mayoría de los productos florales son altamente perecederos y tienen una duración de pocas semanas una vez que han sido cosechados.

Las flores que han sido removidas de la planta madre no tienen disponible una fuente de reservas energéticas, en la mayoría de los casos las flores se cortan con un tallo largo, que es el que provee la fuente de agua y energía que va a ser utilizada por la flor. Pueden encontrarse diferentes tipos de flores, desde flores solitarias, hasta inflorescencias y sus variaciones.

#### **4.1.4 Frutos**

Los frutos son morfológica, bioquímica y fisiológicamente diversos, existen frutos carnosos y frutos secos. Los frutos se desarrollan a partir de los carpelos, hay dos procesos separados en la formación del fruto: el desarrollo de los rudimentos seminales en semillas y la modificación de la pared ovárica en pared del fruto, las paredes del ovario se desarrollan para formar el pericarpio

del fruto el cual puede ser seco o carnosos. El pericarpio puede ser más o menos diferenciado y con frecuencia muestra dos o tres capas, si esas capas son reconocibles, se denominan: exocarpo, mesocarpo y endocarpo.

La clasificación más simple de los frutos según su origen permite separarlos en tres tipos básicos:

a) Frutos simples: Se originan de un solo carpelo o carpelos unidos. Pueden ser frutos secos o carnosos. Los principales tipos de frutos carnosos se dividen a su vez en:

- Pomo: Su principal característica es el contener un endocarpo cartilaginoso. Ejemplos: manzana, pera.
- Baya: Son frutos carnosos de pericarpio succulento. Ejemplos: tomate, banano, papaya, guayaba, chayote, etc.
- Drupa: Son frutos carnosos con endocarpo duro. Ejemplos: mango, jococote, coco, etc.
- Hesperidio: Son bayas septadas de cubierta gruesa, el endocarpo produce sacos de jugo, los cítricos constituyen un ejemplo de este tipo de frutos.
- Pepónide: Son bayas con corteza no septada, derivan de un ovario inferior, no hay delimitación de lóculos. Ejemplos melón, pepino, ayote, etc.

b) Frutos agregados: Se originan de varios carpelos separados, los cuales retienen su identidad hasta la madurez. Maduran como una unidad sobre un receptáculo común. Ejemplos: fresa, mora, anona, guanábana, etc.

c) Frutos múltiples: Se derivan de los carpelos de las flores de una inflorescencia, se encuentran sobre un eje común. Ejemplos: piña, fruta de pan.

La clasificación de los frutos según su origen es importante para el manejo de aspectos de desinfección, cuidados en el manejo, maduración, etc. Desde el punto de vista poscosecha los frutos se dividen por su patrón de respiración en dos grandes grupos: Frutos climatéricos y No climatéricos (los cuales se tratarán más adelante).

## **5 DETERIORO EN PRODUCTOS FRESCOS**

### **5.1. Deterioro fisiológico**

Las plantas utilizan la energía de la luz solar que reciben sus hojas para fabricar azúcares combinando el agua y los minerales absorbidos del suelo a través de las raíces. Ese proceso se conoce con el nombre de fotosíntesis. La planta almacena esos azúcares sin elaborarlos o combina las unidades de azúcar en largas cadenas para formar almidón. Los azúcares y almidones, se almacenan en diversas partes de la planta, a la que proporcionan posteriormente la energía que necesita para seguir desarrollándose y reproducirse. La energía necesaria para el crecimiento se libera a través del proceso de respiración, que tiene lugar en todas las plantas antes y después de la cosecha.

Cuando se recolectan los productos frescos, los procesos vitales continúan por lo que hay que tener en cuenta que una vez cosechados ya no pueden reponer las sustancias nutritivas ni el agua, por ésta razón los productos deben utilizar las reservas almacenadas, y cuando éstas se agotan se inicia un proceso de deterioro que conduce a la senescencia. Los principales procesos fisiológicos normales que conducen al deterioro de los productos son la respiración y la transpiración.

#### **5.1.1 Respiración y transpiración**

La respiración es un proceso básico que se produce tanto en el campo como después de la cosecha, implica mecanismos complejos que permiten tener la energía necesaria para mantener los procesos vitales.

Los productos frescos no pueden seguir reponiendo los nutrientes ni el agua una vez que han sido cosechados, por lo que la respiración utiliza el almidón o el azúcar almacenados para obtener la energía necesaria y continuar con los procesos fisiológicos, en el proceso de respiración se libera  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y parte de la energía producida (calor de respiración) la respiración se detiene cuando se agotan las reservas de esas sustancias; es entonces en este momento que se inicia el proceso de senescencia que conduce a la muerte del producto. La mayoría de los productos frescos contienen, en el momento de la cosecha alrededor de 65% a 95% de agua.

En las plantas existe un flujo continuo de agua, la cual es absorbida por medio de las raíces, y es conducida vía xilema al resto de la planta. La salida de agua a través de las plantas, propiciado por la presión existente en el interior de éstas, se denomina corriente de transpiración, y contribuye a mantener en equilibrio el contenido de agua de la planta.

Los productos frescos siguen perdiendo agua después de la cosecha, pero, a diferencia de las plantas en crecimiento, ya no pueden reponer el agua por lo que tienen que recurrir al contenido de agua existente en el momento de la recolección. Por lo tanto es importante tener en cuenta que para prolongar la vida útil de un producto, el nivel de pérdida de agua debe ser lo más bajo posible, ya que la pérdida de agua implica pérdida de peso la cual puede suponer importantes pérdidas económicas, así como alteraciones importantes en los atributos de calidad (textura, color, etc).

La velocidad a la que se pierde agua en los distintos órganos de la planta depende de la diferencia entre la presión del vapor de agua en el interior de la planta y la presión del vapor de agua del aire, de manera que para lograr que la pérdida de agua de los productos frescos sea lo más baja posible es necesario conservarlos en ambientes húmedos.

La pérdida de agua varía en función del tipo de producto, uno de los factores más importantes a considerar es la relación superficie/volumen entre más grande sea la superficie con respecto al volumen más rápida es la pérdida de agua.

### **5.1.2 Maduración**

Después del crecimiento de los frutos ocurre el proceso de maduración el cual se caracteriza por una secuencia de cambios físicos, químicos, bioquímicos y metabólicos que permiten al fruto alcanzar los atributos sensoriales característicos a la especie y lo vuelven atractivo para su consumo (Cuadro 1). Una vez concluido el proceso de maduración inicia la etapa de senescencia o envejecimiento la cual acaba con la descomposición y pérdida total del fruto.

Existen dos tipos característicos de maduración que corresponden a formas de respiración distintas y en base a estas formas los frutos se pueden dividir en frutos climatéricos y no climatéricos.

**Cuadro 1. Reacciones asociadas al proceso de maduración**

| <b>Degradación</b>                 | <b>Síntesis</b>                                |
|------------------------------------|------------------------------------------------|
| Destrucción de cloroplastos        | Mantenimiento de la estructura mitocondrial    |
| Descomposición de clorofila        | Síntesis de pigmentos                          |
| Hidrólisis de almidón              | Interconversión de azúcares                    |
| Destrucción de ácidos              | Activación del ciclo de Krebs                  |
| Oxidación de sustratos             | Incremento de ATP                              |
| Compuestos fenólicos               | Síntesis de aromas                             |
| Solubilización de pectinas         | Incorporación de aminoácidos                   |
| Activación de enzimas hidrolíticas | Aumento de transcripción y traducción de ARN-m |
| Iniciación de rompimiento celular  | Mantenimiento en selectividad de membranas     |
| Degradación de la pared celular    | Formación de etileno                           |

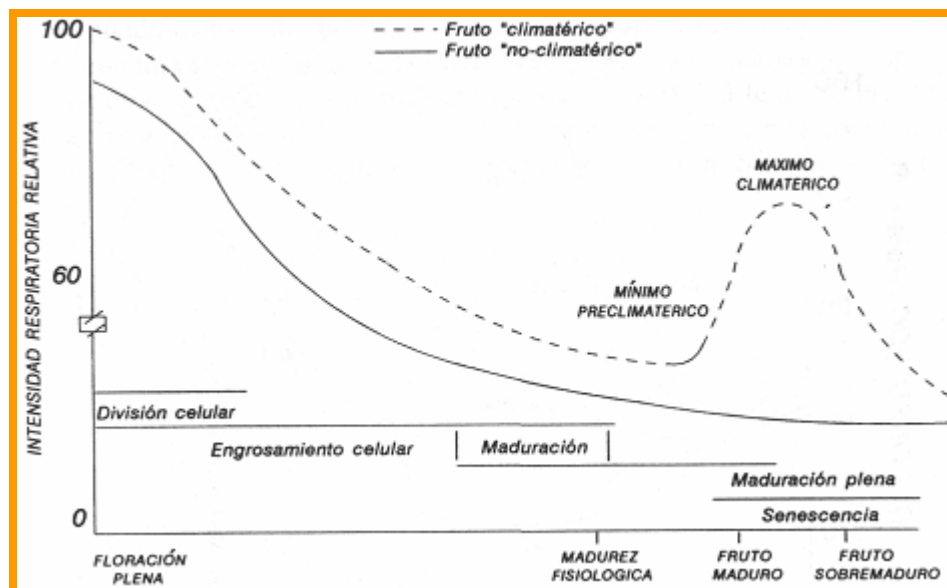
(Tomado de Lamúa, 2000)

**Frutos climatéricos**

Son aquellos que pueden cosecharse cuando han alcanzado su pleno desarrollo pero no han comenzado a madurar. Los frutos climatéricos pueden madurarse en forma natural o artificial. El inicio del proceso de maduración se acompaña de un rápido aumento en la velocidad de respiración, llamado climaterio (Figura 1). Tras el climaterio, el proceso de respiración se vuelve más lento, al tiempo que el fruto madura y adquiere los atributos físico-químicos que lo caracterizan. Ejemplos de frutos climatéricos son: banano, melón (algunas variedades), papaya, tomate, mango, aguacate, etc.

**Frutos no climatéricos**

Son aquellos que únicamente pueden madurar cuando aún están unidos a la planta madre. Su calidad disminuye si se cosechan antes de que maduren plenamente, ya que su contenido en azúcares y en ácidos no varía. El ritmo de la respiración en los frutos climatéricos va reduciéndose gradualmente durante el crecimiento y después de la cosecha (Figura 1). En ellos la maduración se da como un proceso gradual. Ejemplos de frutos no climatéricos son: piña, cítricos, pepino, melón (algunas variedades), etc.

**Figura 1. Curva de respiración de frutos climatéricos y no climatéricos.**

(Tomado de Lamúa, 2000)

### Influencia del etileno

El etileno que se produce en la mayor parte de los tejidos vegetales, constituye un importante factor desencadenante del proceso de maduración de los frutos. El etileno puede utilizarse comercialmente para la maduración artificial de los frutos climatéricos, lo que permite la cosecha de frutos verdes (aunque fisiológicamente maduros) como por ejemplo mango y banano, y transportarlos a mercados lejanos, donde se provoca su maduración en condiciones controladas. La producción natural de etileno por los frutos puede causar problemas en las instalaciones de almacenamiento. Así por ejemplo las flores son sumamente sensibles al etileno, por lo que responden a éste aún en presencia de cantidades muy pequeñas del gas.

El etileno actúa sobre la enzima clorofilasa, de manera que contribuye a la degradación del color verde de las plantas, esto toma especial importancia en algunas hortalizas verdes, como es el caso de la lechuga, ya que si se almacena con productos que emiten etileno ocurre pérdida de color y por lo tanto pérdida de calidad.



La producción de etileno aumenta cuando los frutos sufren daños o son atacados por patógenos, estas condiciones pueden provocar que se desencadene la maduración prematura de frutos climatéricos durante el transporte.

El etileno es utilizado comercialmente para eliminar el color verde de frutos no climatéricos, como es el caso de los cítricos, los cuales en la mayoría de los casos, únicamente adquieren su color definitivo si se tratan con etileno, existen algunos mercados en los cuales se aceptan frutos no climatéricos maduros aunque su color externo sea verde, ya que como se mencionó anteriormente las características internas del fruto no varían con la aplicación del etileno, por lo que la aplicación de éste se realiza con fines estéticos, es decir para lograr una mejor apariencia del producto.

## 5.2. Deterioro patológico

Los agentes patógenos causantes de enfermedades en plantas están representados por hongos, bacteria y virus. Los patógenos pueden penetrar en la planta a través de lesiones causadas por manipulación poco cuidadosa, por insectos u otros animales, por grietas causadas por el crecimiento a través de las aberturas de las partes aéreas y subterráneas de las plantas, que permiten el paso de aire, dióxido de carbono y vapor de agua entre el interior de la planta y el exterior; o por penetración directa de la cutícula. El momento en que ocurre una infección es variable, puede producirse en el campo, antes de la cosecha, o en cualquier etapa posterior.

Las infecciones en el campo, antes de la cosecha pueden no resultar perceptibles hasta después de ésta. Como ejemplo puede citarse la infección causada por *Colletotrichum* sp (antracnosis) en frutos de mango, la cual ocurre en el campo y se manifiesta posteriormente en la etapa poscosecha cuando los frutos comienzan a madurar.

Las enfermedades posteriores a la cosecha pueden ocurrir en el campo antes de la recolección debido a la utilización de semillas u otros materiales de plantación infectados. Las enfermedades que se manifiestan a nivel poscosecha también pueden propagarse por:

- La utilización en el campo de herramientas o utensilios contaminados, por el uso de agua contaminada para el lavado de producto, etc.

- Las pérdidas poscosecha de productos frescos que ocurren por ataque de plagas como insectos u otros animales, por lo general son menos frecuentes que las ocurridas por la presencia de hongos y bacterias, sin embargo los ataques localizados de plagas pueden resultar graves.
- Daños causados por insectos, como la mosca de la fruta y la polilla de la papa, se deben al agresivo desarrollo de sus larvas. La infestación suele producirse antes de la cosecha. La propagación después de la cosecha constituye un problema cuando el producto se almacena o transporta por períodos largos.

### **5.3. Daño mecánico**

El elevado contenido en humedad y la consistencia blanda de la mayoría de las frutas, hortalizas y raíces las hacen vulnerables a las lesiones mecánicas, las cuales pueden producirse en cualquier etapa de la cadena agrícola, desde la plantación en campo, hasta el consumidor final. Prácticas de recolección poco cuidadosas como lo son la utilización de cajas inadecuadas, con astillas, bordes afilados, clavos o grapas salientes, estibación en las cajas utilizadas para la cosecha o la comercialización de una cantidad excesiva de producto o mal acomodo del producto, manipulación poco cuidadosa como por ejemplo el dejar caer o arrojar el producto o las cajas llenas durante la clasificación, el transporte o la comercialización, provocan daños de tipo mecánico.

Las lesiones que atraviesan o raspan el recubrimiento exterior del producto ofrecen puntos de entrada para hongos y bacterias causantes de pudriciones, aumentan la pérdida de agua a través de la zona dañada, causan un aumento del ritmo de respiración y por consiguiente de la producción de calor.

Las magulladuras, que dejan la piel intacta y pueden no ser visibles por fuera, son causa de aumento del ritmo de respiración y de la producción de calor; decoloración interna como consecuencia de la lesión de los tejidos; sabores anómalos, como resultado de reacciones fisiológicas anormales en las partes dañadas, entre otros.

Las lesiones causadas pueden presentar muchas formas y pueden originarse por uno de los siguientes tipos de daño mecánico:

### **5.3.1 Daño por impacto**

El daño por impacto puede ocurrir por el efecto de fuerzas que actúan sobre el producto por un período corto. El daño por impacto es uno de los daños mecánicos más comunes en los productos agrícolas, este puede ocurrir en cualquier etapa de la vida de un producto, sin embargo es más común que este problema ocurra durante la manipulación de la fruta en la cual ocurren prácticas inadecuadas, como el lanzamiento de productos, falta de cuidado en el momento de empaque, etc., el daño por impacto también es un problema importante en las plantas empacadoras, en las cuales el producto suele golpearse en las líneas de lavado y las bandas corredoras que movilizan el producto.

### **5.3.2 Daño por compresión**

Se produce por el efecto de ejercer una fuerza sobre el producto por un tiempo prolongado, el daño por compresión suele ser común cuando se coloca producto sobre otro, en el embalaje inadecuado de cajas en las cuales el material de las cajas de abajo seden y provocan, el “aplastamiento” de los productos.

### **5.3.3 Daño por roce**

El daño por roce ocurre por la fricción de las frutas, ya sea entre ellas, o con las paredes del empaque, u otra superficie áspera que pueda provocar un daño.

## **5.4. Efecto de la temperatura**

Los productos agrícolas frescos se deterioran rápidamente si se exponen a las altas temperaturas generadas por la radiación solar. Un producto expuesto al sol después de la cosecha puede alcanzar temperaturas de hasta 50°C, estas temperaturas provocan que ocurra una respiración acelerada y por lo tanto favorecen el deterioro del producto. La exposición prolongada al sol causa además pérdida de agua en los productos, especialmente aquellos con cáscaras finas y/o poco cerosas, así como por ejemplo hortalizas de hoja, la deshidratación ocurrida hace que los productos pierdan turgencia y favorece el deterioro de éstos y por lo tanto ocurre pérdida de calidad y en algunos casos, pérdida total del producto.

El almacenamiento refrigerado contribuye a que la respiración de los productos agrícolas sea más lenta y se conserven por más tiempo las características del producto.

El almacenamiento refrigerado debe realizarse tomando en cuenta las temperaturas óptimas para cada producto, ya que temperaturas por debajo del rango óptimo conlleva a que en el producto ocurra daño por frío, el cual produce una serie de cambios metabólicos que cuando son irreversibles originan un rápido deterioro de la calidad al transferir los productos a temperatura ambiente, tanto por un desarrollo anormal de la maduración, como por un incremento de la sensibilidad al ataque por microorganismos; temperaturas inferiores a las óptimas provocan la muerte de células y tejidos que conllevan a la senescencia y pérdida total del producto.

Por otra parte temperaturas superiores al rango óptimo no suelen ser efectivas para evitar la maduración acelerada de los productos y por lo tanto su conservación. Los niveles de tolerancia a bajas temperaturas son muy importantes para el almacenamiento en frío, el grado de sensibilidad es diferente para cada producto agrícola, también suelen haber diferencias entre variedades de un mismo producto e incluso entre diferentes estados de maduración, pero en cada caso existe una temperatura mínima tolerable por debajo de la cual se produce daño por frío.

Por lo general las frutas suelen ser menos sensibles a temperaturas bajas cuando están maduras. Los efectos del frío pueden no manifestarse hasta que el producto se saca de la cámara de refrigeración y se expone a temperatura ambiente, por esta razón los síntomas de daño por frío se manifiestan en muchas ocasiones hasta que el producto es exhibido en los supermercados.

Los síntomas de daño por frío dependen directamente de la variedad y de la intensidad de la alteración, mientras en cítricos se manifiesta un “picado” de la cáscara (pitting), en aguacate los primeros síntomas son el pardeamiento de los haces vasculares, en algunos tubérculos el frío afecta el dulzor, etc.

## CONCLUSIONES

- La conservación de la calidad de un producto a nivel poscosecha, está en dependencia del manejo que se le ha dado a éste en el campo, por lo tanto no se pueden aislar las etapas de producción, si no por el contrario debe mantenerse siempre la visión de sistema de producción y tener presente que las decisiones tomadas repercutirán siempre sobre la etapa siguiente del sistema.
- El concepto de calidad es intrínseco a cada producto agrícola, es decir cada producto tiene características propias que lo definen como tal, sin embargo su aceptación y exigencias con respecto a cada uno de los atributos de la calidad está definido por el mercado meta.
- La calidad es un concepto que ha ido evolucionando con el tiempo, en los últimos años los mercados han tomado más conciencia hacia el aporte nutricional y la seguridad de los consumidores, por lo que existen preferencias hacia los productos que les garanticen la obtención de estos atributos.
- El conocimiento de la fisiología de los diferentes órganos de la planta que se están produciendo y comercializando, permite una mejor producción y tratamiento de los productos, así como la búsqueda de la tecnología más apropiada para su mantenimiento.
- Es importante el conocimiento de las diferentes fuentes de deterioro de los productos, para así prevenir los daños causados por éstas y lograr la minimización de pérdidas y la conservación de productos con alta calidad.

## LITERATURA CONSULTADA

An, J.; Paull, R. 1990. Storage Temperature and Ethylene Influence on Ripening of Papaya Fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science. 115(6): 949-953.

Flores, V.1994. La Planta: Estructura y función. Editorial tecnológica de Costa Rica, Segunda Edición. Cartago, Costa Rica.

Kays, S.1997. Postharvest physiology of perishable plant products. Exon Press, Athens, Georgia, USA.

Lamúa, M. 2000. Aplicación del frío a los alimentos. Instituto del Frío de Madrid. Primera edición. Madrid, España.

Stevenson, K; Bernard, D. 1999. HACCP Un enfoque sistemático hacia la seguridad de los alimentos. Manual para el desarrollo e implementación de un plan de análisis de peligros y puntos críticos de control. The Food Processors Institute. Tercera edición, Washington D.C., USA.

### Sitios Web:

Inocuidad de los alimentos. Cómo controlar peligros.

[http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r\\_12/12\\_09\\_peligros.htm](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r_12/12_09_peligros.htm)

Pomáceas Boletín técnico

<http://pomaceas.utalca.cl/publicaciones/boletin/Boletinmayo03.pdf>

## **FACTORES DE PRECOSECHA QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LOS CULTIVOS EN EL PERÍODO POSCOSECHA**

---

**Ing. Agr. Marco Vinicio Castro B.<sup>1</sup>**  
[mvcastro@cariari.ucr.ac.cr](mailto:mvcastro@cariari.ucr.ac.cr)

**Ing. Agr. Daniel Saborío A. M.Sc.<sup>1</sup>**  
[dsaborio@cariari.ucr.ac.cr](mailto:dsaborio@cariari.ucr.ac.cr)

### **INTRODUCCIÓN**

La capacidad de almacenamiento, la respiración, la transpiración, la composición química, la apariencia externa, las estructuras anatómicas, el periodo de vida útil, las características organolépticas y otros comportamientos poscosecha, reflejan las condiciones ambientales y las prácticas culturales a las cuales un cultivo fue expuesto. De acuerdo a lo anterior los factores precosecha que afectan los cultivos después de la cosecha, pueden ser agrupados en Factores Ambientales y Factores Culturales.

Los Factores Ambientales incluyen la temperatura, la humedad relativa, la luz, el suelo, el viento, la precipitación, la elevación sobre el nivel del mar, entre otros.

Los Factores Culturales incluyen el material de siembra, la fertilización, manejo del suelo, densidad de siembra, riego y drenaje, tipo de raleo, poda, deshija, aporca, control de plagas y enfermedades, reguladores del crecimiento, entre otros.

### **1. FACTORES AMBIENTALES**

#### **1.1 Temperatura**

El efecto de la temperatura es muy importante en el desarrollo y calidad final de las frutas y hortalizas. En general todos los cultivos tienen un rango óptimo de temperatura dentro del cual se desarrollan normalmente, sin embargo temperaturas que estén por debajo o encima de ese óptimo causarán problemas de diferentes magnitudes a los cultivos, afectando no solo su

---

<sup>1</sup> Convenio en Poscosecha INTA-UCR. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria Laboratorio de Tecnología Poscosecha. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica.

rendimiento, sino su calidad final. La manera en que la temperatura influye en los cultivos puede separarse en efectos de largo plazo y efectos de corto plazo.

Los efectos de largo plazo tienen que ver con el clima predominante en una región o zona geográfica y afecta principalmente el ciclo vegetativo de los cultivos, y su desarrollo en general, por lo que es necesario conocer el clima de una localidad para decidir que cultivos es apropiado sembrar, pues como mencionamos anteriormente cada especie de planta tiene su clima óptimo de desarrollo. Por ejemplo, algunos cultivos como la papaya, sembrada en una zona con una temperatura ambiente promedio de 27 °C (Pacífico Norte de Costa Rica), alcanzará el desarrollo suficiente para una primera floración casi un mes antes que papaya creciendo en una zona con un promedio de 24 °C (Valle Central Occidental). Se puede afirmar que en general el efecto a largo plazo de la temperatura de la gran mayoría de los cultivos es alterando su patrón de crecimiento y su desarrollo.

En algunos casos, el clima de una región puede limitar el desarrollo de un cultivo, ocasionando que no sea rentable producirlo bajo esas condiciones. Algunos ejemplos de esto son la siembra de zanahoria, lechuga y algunas otras hortalizas en climas más calientes, lo que ocasiona que estos crezcan de una manera acelerada y no haya tiempo para almacenar reservas en aquellos que tengan órganos para ese fin como la papa, se dan casos de crecimiento anormal como en el repollo que nunca llega a alcanzar la firmeza en la cabeza que el mercado requiere. En general se puede afirmar que para la mayoría de los productos hortícolas, entre más alta sea la temperatura, más temprana es su cosecha.

El otro efecto de la temperatura es a corto plazo, principalmente debido a las variaciones diarias. En algunas frutas como los cítricos, la papaya y el mango, un diferencial diario de 12 °C entre el día y la noche, permite la acumulación de azúcares en esos frutos, pues las temperaturas más bajas de la noche no permiten la conversión de azúcares en energía por medio de la respiración y entonces estos se acumulan obteniéndose frutos más dulces.

En la etapa poscosecha, la localidad de origen de un cultivo está muy ligada a su capacidad de almacenamiento en frío, de esta manera, las plantas originarias de zonas de clima templado o de zonas altas, como la papa, la lechuga, la manzana, el durazno, la mora, y otras, toleran



condiciones de almacenamiento más bajas, que las que provienen de regiones más cálidas como la papaya, la piña, el mango y la yuca, entre otras.

También hay que tomar en consideración que la temperatura y la humedad relativa juntas, tienen un papel muy importante en el desarrollo de plagas y enfermedades en los cultivos.

## **1.2 Luz**

Después de haberse conocido muchos de los procesos fisiológicos en los vegetales, se llegó a comprender la importancia de la radiación lumínica como principal fuente de energía para el desarrollo de las plantas. De lo anterior se deduce que la radiación solar está relacionada directa o indirectamente con la poscosecha de los cultivos. La radiación lumínica es la principal fuente de energía para la formación de asimilados en las plantas. Puede influir en el desarrollo de los cultivos por su intensidad y por la cantidad de horas diarias de exposición del cultivo a la luz.

Los efectos de la radiación en las frutas y hortalizas pueden ser muy diferentes, pero para fines prácticos se pueden separar en dos aspectos principales.

El primer efecto de la luz sobre los frutos tiene que ver por la relación que existe entre los diferentes pigmentos de los frutos para expresar su color final. Durante el proceso de maduración los frutos van perdiendo el color verde y se tornan amarillos o rojos, y esto se debe a que aunque ya algunos de estos pigmentos amarillos o rojos se encuentran en las frutas desde el inicio, están enmascarados por las clorofilas que al principio están presentes en gran cantidad.

Sin embargo, conforme los frutos van madurando, la cantidad de clorofila va disminuyendo y se van desenmascarando otros colores. Se sabe que el color rojo es producido por las antocianinas, y la producción de estas está ligada a una enzima que es fuertemente regulada por la luz; se ha podido observar que en zonas de alta luminosidad, especialmente durante el proceso de maduración, las frutas son de un rojo más intenso. Por ejemplo, las papayas que crecen en zonas de alta luminosidad presentan una coloración anaranjada más intensa. Los mangos de las variedades rojas que crecen en las zonas más iluminadas del árbol, presentan una coloración roja más fuerte, mientras que la parte menos iluminada de la fruta es más amarilla.

Otro efecto directo de la luz sobre las frutas es el que conocemos como fotooxidación, que son lo que normalmente se nota como quemaduras por sol. Algunos frutos y hortalizas que sufren este tipo de daño son los que se exponen directamente a los rayos del sol, y lo que ocurre es que las células dañadas mueren y se forma una zona necrótica de color café. Ocurre en frutas como la piña, el melón la sandía, y otras.

También hay que tomar en cuenta el papel que juega la luz en la sanidad y en la movilidad de nutrimentos, especialmente sobre el calcio. Este por ser un elemento poco móvil se acumula en las zonas de mayor actividad fotosintética, lo que ayuda a aumentar la estabilidad de las paredes celulares, lo que en frutas es importante por la resistencia a golpes durante la cosecha y el transporte. Indirectamente la luz juega un papel importante también en mantener latente la infección por algunos patógenos, al contribuir a disminuir la humedad relativa en las plantas.

### **1.3 Viento**

El efecto del viento en las plantaciones puede ser benéfico cuando proporciona una adecuada circulación de aire que mantiene baja la humedad relativa, pero dañina cuando la velocidad es tal que interfiere en los procesos fotosintéticos de las plantas al provocar el cierre estomático y también al provocar heridas mecánicas, por el roce entre frutas, ramas, hojas, por la caída de flores, por la caída de frutos. También puede interferir en la polinización al afectar a los insectos. Puede causar problemas en las atomizaciones, etc. En zonas muy ventosas es común el uso de tapavientos con especies de fácil crecimiento.

Se ha encontrado que en mango es muy común encontrar frutas que presentan daños por roces entre frutas o con hojas y ramas y ese roce es causado por el viento, lo que origina rechazos de esa fruta porque no cumple con los requisitos de calidad. Aunque se cree que es poco lo que se puede hacer, hay varias maneras de reducir los problemas originados por el viento, dentro de los cuales se pueden citar como mencionamos anteriormente, el uso de barreras rompevientos, el uso de ambientes protegidos, la poda, etc.

### **1.4 Precipitación**

Para el desarrollo óptimo de un cultivo, es necesaria una cantidad de agua adecuada distribuida a lo largo de su ciclo de vida de una manera oportuna. En general zonas de alta precipitación

están relacionadas con alta humedad relativa. Tomando en consideración lo anterior se puede decir que la precipitación juega un papel importante de dos maneras diferentes.

En primer lugar, ejerce un efecto directo sobre las plantas, pues en lugares con alta precipitación, como ocurre en los trópicos, estas tienden a ser más suculentas, acumulando gran cantidad de agua dentro de sus estructuras, lo que las hace muy frágiles y difíciles de manejar, lo cual favorece los daños mecánicos y otro tipo de problemas como de enfermedades e insectos.

Las plantas suculentas tienden ser más susceptibles a daños por viento, a daños en el campo por instrumentos de trabajo, a volcamiento. También plantas suculentas tienden a ser menos compactas y a tener menor valor alimenticio, en general, las naranjas, papayas, sandías y melones presentan menor porcentaje de azúcares. Otros cultivos como el mango, y el aguacate, tienden a ser muy frondosos, pero la producción es baja y sus frutos presentan bajo contenidos de azúcares y un alto contenido de agua. Frutos muy suculentos tienden a ser más susceptibles a enfermedades y plagas. Esto se debe a que las paredes celulares pueden ser más delgadas y algunas sustancias de protección se pueden encontrar muy diluidas.

En segundo lugar, otro efecto de la alta precipitación, es el de ayudar a aumentar la humedad relativa del ambiente, lo cual favorece en gran medida el desarrollo de ciertas enfermedades y plagas que necesitan una alta humedad para desarrollarse.

## **1.5 Suelo**

En cuanto a los suelos, es importante tomar en cuenta las características físicas y químicas. Dependiendo de la estructura y la textura están el tipo de cultivo que se puede sembrar, las labores de preparación, establecimiento y desarrollo de los cultivos, así como su drenaje y cosecha. Cultivos como las raíces y tubérculos se adaptan mejor a suelos sueltos y livianos, lo que no solo influye en su calidad, sino, también en su cosecha.

Por ejemplo, suelos muy pesados pueden ser causantes de grandes pérdidas a la hora de la cosecha en algunos cultivos como la yuca, papa, tiquisque, camote, etc., porque al momento de cosechar hay quebraduras y desgarramiento de tejidos, también cuesta más limpiarlos y los residuos pueden ser reservorios de plagas y enfermedades durante su comercialización. Es

importante mencionar que suelos bien drenados favorecen en general todas las etapas en el cultivo de cualquier producto, por lo contrario, suelos con mal drenaje causan problemas de todo tipo, sobre todo en algunas prácticas agrícolas como siembra, fertilización, combate de malezas, cosecha, etc.

En cuanto a características químicas, en general por las altas precipitaciones y su origen, nuestros suelos son deficientes en algunos de los principales nutrimentos, por lo que la mayoría de los cultivos se ven afectados por requerir de algunos elementos.

Muchos de nuestros productos se originan en suelos ácidos, con deficiencias de cationes, como por ejemplo, el Calcio, que en cultivos como el tomate, el chile dulce, la sandía, el apio, puede provocar ablandamiento de los tejidos lo que origina pérdida de firmeza y posteriores daños mecánicos y pudriciones. En el caso del Potasio, se pueden obtener frutos con bajos contenidos de azúcares, como ocurre en piña y banano.

Por todo lo anterior, se hace necesario, no solo, escoger los terrenos de acuerdo al cultivo deseado, sino también hacer análisis químicos que nos permitan realizar fertilizaciones adecuadas y que más bien no causen desbalances nutricionales.

## **2. FACTORES CULTURALES**

### **2.1 Material de Siembra**

Uno de los factores culturales más importantes y que influyen de manera más significativa en el rendimiento y calidad final de un cultivo es el material de siembra que hayamos utilizado. Para casi todos los cultivos existen normas de calidad que tienen parámetros que deben cumplirse para la comercialización óptima de esos productos, que de no cumplirse origina poca o ninguna aceptación, y aquí es donde el material de siembra toma gran importancia pues, las características básicas que el producto presenta depende del material genético con que se cuenta.

Es necesario que el material de siembra cumpla una serie de requisitos, de acuerdo a los objetivos para los cuales tenemos programada nuestra siembra. Sea cual fuere, el tipo de semilla, ya sea semilla sexual o asexual, debe de reunir una serie de requisitos de los cuales depende

nuestro cultivo. Debe no solo poseer pureza genética, para garantizar la homogeneidad en su ciclo fenológico que nos permita obtener un producto uniforme en sus características físicas y organolépticas, sino que también lo obtenido presente los requisitos establecidos previamente por el comprador.

Para muchos de nuestros cultivos, es difícil conseguir semilla de calidad, que sea certificada, de un origen conocido y que este libre de plagas o enfermedades, sin embargo es necesario hacer el esfuerzo por lograr la mejor calidad de semilla, pues aunque no es necesariamente el rubro más caro, talvez es el más importante, pues aunque todos los demás factores que hemos mencionado sean excelentes, si la semilla es de mala calidad, puede llevar al fracaso de nuestros objetivos.

También es muy importante tomar en cuenta que aunque la semilla sea de buena calidad, hay que asegurarse que ese material es adecuado para las condiciones donde va a ser establecido y que además sea el requerido por el mercado donde se pretende comercializar. Por ejemplo, hay que considerar que algunas variedades de plantas producen frutos más grandes o más pequeños o de diferente color u otras características.

Consideración aparte merece la sanidad de la semilla, sobre todo en cultivos de reproducción asexual como la yuca, tiquisque, la papa y otros, que podrían venir contaminados con virus, bacterias, hongos, nematodos, insectos, que no solo no permitirían el desarrollo óptimo del cultivo, sino que podrían causar problemas fitosanitarios en los programas de exportación.

## **2.2 Fertilización**

En cuanto a fertilización, no solo es importante tomar en cuenta el rendimiento total esperado, sino la calidad final esperada del producto. Se han realizado numerosas investigaciones en que se demuestra el papel de los principales nutrientes (como Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Zinc, Boro, y otros,), y su relación con la calidad poscosecha de los principales cultivos. Muchos problemas de calidad, incluidos físicos, químicos y patológicos se han relacionado de una manera directa o indirecta con una inadecuada nutrición mineral.

A continuación se presenta un pequeño resumen de los principales nutrientes y como afectan la poscosecha de algunos de nuestros cultivos.

El Nitrógeno es parte constituyente de las plantas y por lo tanto participa directa o indirectamente en todo el ciclo de las plantas. Se ha encontrado que cantidades excesivas de este nutriente origina plantas suculentas, más susceptibles al volcamiento, a daños de plagas y enfermedades y a daños mecánicos. En algunas frutas como el mango se ocasiona un pobre desarrollo de color. En general altas cantidades de Nitrógeno disminuyen el aroma, el sabor y la firmeza y disminuye el período de almacenamiento porque se incrementan la respiración y transpiración. Por el contrario plantas deficientes en Nitrógeno tienden a rendir menos, las frutas son de menos calibre y maduran prematuramente.

El Fósforo es muy importante pues participa en funciones de transporte de energía y en la producción de semillas. Se ha observado en algunos cultivos como el pepino y la fresa que la producción de semillas estimulan la formación del fruto, de esta manera si hay pobre producción de semillas, el desarrollo del fruto no es el más adecuado. Altas cantidades de Fósforo pueden favorecer la pigmentación roja de algunos cultivos, el aumento de ácidos y azúcares y la resistencia a algunas enfermedades.

El Potasio participa en el transporte de productos fotosintéticos. Generalmente se relaciona con el acúmulo de almidones y azúcares como en piña y banano, aumenta la cantidad de ácidos y la resistencia a ciertas enfermedades. También colabora con el aumento de la pigmentación roja. Hay que tomar en cuenta que el Potasio es antagónico con el Calcio. En cítricos se encontró que la deficiencia de Potasio interfiere en el porcentaje de jugo, el grosor de la cáscara y en la cantidad de Ácido Ascórbico. En banano se encontró que frutas con exceso de Potasio tienen una mayor gravedad específica por lo que se hunden en las pilas de lavado y así son más susceptibles de daño mecánico.

El Calcio cumple un papel muy importante en la formación de la pared celular, ya que este elemento sirve de puente o enlace entre las cadenas de pectinas que forman parte de la lámina media y que también rellenan la matriz de celulosa en la pared celular, por lo tanto si la planta tiene déficit de Calcio, sus paredes celulares serán débiles. Además participa en la regulación de la permeabilidad de la membrana celular. En cantidades adecuadas favorece la dureza de la pared celular, lo que indirectamente puede ayudar a evitar infecciones por patógenos. En algunos cultivos como el tomate, el melón o la sandía, la deficiencia de Calcio se manifiesta

como zonas suaves y necróticas, lo que ocasionalmente puede servir como fuente de entrada para hongos y bacterias. En Mango, se ha encontrado que bajos niveles de Calcio, ocasionan desordenes internos de la fruta, lo que en última instancia ocasiona zonas suaves y susceptibles a patógenos.

### 2.3 Control Fitosanitario

En general se puede decir que los rechazos de productos tropicales y subtropicales de exportación se originan en gran parte por los daños de enfermedades e insectos. Hay dos razones principales para mantener las plantaciones libres de plagas y enfermedades; una es para asegurarnos que el cultivo llegará sano a la etapa de cosecha y la otra es que el producto reúna las características de calidad y sanidad requeridas por los mercados internacionales. Aquí es importante considerar que el control de plagas y enfermedades se recomienda hacer de una manera integral, tomando en consideración el tipo de plaga o enfermedad, la presencia de organismos antagonicos y la aceptabilidad del producto usado y sus dosis, en los mercados internacionales a los que van los cultivos de exportación.

Hay referencias de que en muchos lugares de producción se usan los productos químicos en cantidad mucho mayor de la recomendada, no solo causando la mutación de los microorganismos e insectos a formas más resistentes, sino que aumentando los residuos en los vegetales a cantidades no aceptadas por los importadores.

Algunos patógenos se mantienen latentes, y se manifiestan solo después de que arriban a los mercados internacionales, por lo que muchos productos son rechazados ya en el exterior con las consecuentes pérdidas en el transporte y gastos de devolución. Ejemplos de esto último son el hongo *Colletotrichum* spp en mango y papaya y algunos tipos de insectos como *Anastrepha* sp y *Ceratitis capitata*, cuyos huevos se desarrollan cuando el fruto empieza a madurar en los mercados de destino.

En la actualidad, la tendencia en el control de plagas y enfermedades es hacia el uso racional de los productos químicos, lo que obliga a un mejor conocimiento el ciclo de vida de insectos y hongos, y el manejo de prácticas de cultivo que disminuyan la incidencia de esas plagas y enfermedades. En Filipinas se encontró que cubriendo el mango con bolsas de papel antes de la

cosecha reducen la incidencia de plagas y enfermedades, mientras que cubrir las frutas con bolsas de plástico ocasiona que estas se deterioren más rápidamente, lo que se atribuye a las altas humedades relativas y temperatura de la fruta dentro de la bolsa.

### **3. OTROS FACTORES CULTURALES**

El sistema de preparación de suelos influye directamente en muchos cultivos tropicales, como las raíces y tubérculos, ornamentales y algunos otros. Hay que tomar en cuenta que el suelo es donde se desarrollan las raíces y por lo tanto cualquier problema en el desarrollo de estas, se verá reflejado en el cultivo en general. En cultivos como la yuca y papa, un suelo bien preparado permite un mejor desarrollo del producto y facilita la cosecha. Suelos mejor preparados tienen influencia sobre el buen drenaje, el riego y hasta la absorción de nutrientes por las plantas, lo que permitirá un mejor desarrollo de estas y una producción de calidad superior.

La densidad de siembra influye directamente en el rendimiento y en la calidad del producto obtenido. En general cultivos más densos tienden a producir más por área (hasta cierto punto), pero no en rendimiento comercial, pues aunque el rendimiento sea alto, muchas veces los frutos o raíces son más pequeños de los que acepta el mercado. Esto ocurre en plantaciones muy densas de tomate, papa, pepino, y otros cultivos, donde gran cantidad de producto no es apto para el mercado por ser de tamaño pequeño. La mayor densidad de población favorece la infestación de plagas y enfermedades, al permitir una humedad relativa más alta en la plantación.

La aporca es una práctica que permite no solo controlar ciertas plagas y enfermedades, sino que favorece la protección de ciertos productos que se encuentran en el suelo, como las papas o yuca y también permiten un mejor agarre de los cultivos al suelo.

Las podas tienen efecto directo e indirecto sobre los cultivos. Por una parte eliminando partes de las plantas permite a estas una mejor utilización de los nutrientes y por otro lado, ayudan a favorecer otros factores como menos humedad relativa, o más penetración de luz a ciertas partes de la plantación. Esto también puede facilitar la aplicación de agroquímicos y la cosecha. El mismo fin tiene la eliminación de frutos deformes o pequeños, para la obtención de una cosecha más uniforme.



El riego suplementario se hace necesario en nuestros países, pues hay épocas del cultivo en que no puede faltar agua y las lluvias en invierno son irregulares, por lo que se debe prever el riego suplementario en las plantaciones comerciales.

Una práctica que se ha desarrollado mucho en los últimos años es el uso de reguladores de crecimiento con diferentes fines. Sin embargo, es necesario tener un amplio conocimiento de lo que se está haciendo y también son necesarias más investigaciones que nos permitan obtener los resultados esperados. Los principales reguladores son las auxinas que producen frutos partenocárpicos, también producen aclareo, lo que causa menos pero más desarrollados, también pueden retrasar la senescencia de algunos cultivos, lo que permitiría más tiempo para el mercadeo. Las gibberelinas tienen un efecto parecido a las auxinas. El etileno es el promotor del proceso de maduración y se aplica generalmente en la etapa poscosecha como en banano para lograr una maduración uniforme, aunque en piña se utiliza para la inducción floral, a fin de lograr un producto uniforme a la cosecha.

A continuación se presentan algunos ejemplos de cultivos y los principales efectos que factores de precosecha tienen sobre la calidad del producto en poscosecha.

### Mango (*Mangifera indica*)

|   |                                  | Factores que afectan |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|----------------------------------|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|   |                                  | a                    | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k |
| 1 | Riego                            | 1                    | 1 | 1 | 1 |   |   |   | 2 |   |   | 2 |
| 2 | Períodos de sequía               |                      |   |   | 1 |   |   | 2 |   |   | 1 |   |
| 3 | Nutrición mineral recomendada    | 1                    | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |   | 1 |   | 1 |   |
| 4 | Mala preparación del terreno     |                      |   |   |   |   |   | 2 | 2 | 2 | 2 |   |
| 5 | Control fitosanitario deficiente |                      |   |   |   |   | 2 |   |   | 2 | 2 | 2 |
| 6 | No realización de poda           | 2                    | 2 | 2 |   |   | 2 | 2 |   |   | 2 |   |
| 7 | Excesiva humedad                 |                      |   |   | 2 |   |   |   | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 8 | Vientos fuertes                  | 2                    | 2 | 2 | 2 |   |   |   | 2 | 2 | 2 |   |

(1) Efectos positivos: aumentos, adelantamientos, engrosamiento o buen sabor.

(2) Efectos negativos: disminuye, retarda, adelgaza, suaviza, etc.

a: Tamaño

b: Peso

c: Número

d: Madurez

e: Espesor de cáscara

f: Textura de cáscara

g: Forma

h: Enfermedades poscosecha

i: Daños mecánicos

j: Calidad

k: Grado de perecebilidad

**Yuca (*Manihot sculenta*)**

|   | <b>Efecto de factor precosecha</b>                | <b>Factores que afectan</b> |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---|---------------------------------------------------|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   |                                                   | <b>a</b>                    | <b>b</b> | <b>c</b> | <b>d</b> | <b>e</b> | <b>f</b> | <b>g</b> | <b>h</b> | <b>i</b> | <b>j</b> | <b>k</b> |
| 1 | Humedad excesiva                                  |                             |          |          |          |          |          |          | 2        |          |          | 2        |
| 2 | Períodos de sequía                                |                             |          |          |          |          |          | 2        |          |          |          |          |
| 3 | Nutrición mineral (dosis altas)                   | 1                           | 1        |          |          |          |          |          |          |          | 1        |          |
| 4 | Mala preparación del terreno                      |                             |          |          |          |          |          | 2        | 2        | 2        | 2        | 2        |
| 5 | Control fitosanitario deficiente                  |                             |          |          |          |          | 2        |          |          | 2        | 2        | 2        |
| 6 | No realización de poda (15 días antes de cosecha) |                             |          |          |          |          | 2        |          |          |          | 2        |          |
| 7 | Vientos fuertes                                   |                             |          |          |          |          |          |          |          | 2        | 2        |          |
| 8 | Mala calidad de la semilla                        | 2                           | 2        | 2        | 2        | 2        |          | 2        |          |          | 2        |          |

(1) Efectos positivos.

(2) Efectos negativos

a: Tamaño

b: Peso

c: Número

d: Madurez

e: Espesor de cáscara

f: Textura de cáscara

g: forma

h: Enfermedades poscosecha

i: Daños mecánicos

j: Calidad

k: Grado de perecebilidad

**Melón y Sandía**

|   | <b>Efecto de factor precosecha</b> | <b>Factores que afectan</b> |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---|------------------------------------|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   |                                    | <b>a</b>                    | <b>b</b> | <b>c</b> | <b>d</b> | <b>e</b> | <b>f</b> | <b>g</b> | <b>h</b> | <b>i</b> | <b>j</b> | <b>k</b> |
| 1 | Riego excesivo                     |                             |          |          | 2        |          |          |          | 2        |          | 2        |          |
| 2 | Períodos de sequía                 |                             |          |          | 1        |          |          |          |          |          | 1        |          |
| 3 | Nutrición mineral recomendada      | 1                           | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        |          | 1        |          | 1        |          |
| 4 | Mala preparación del terreno       |                             |          |          |          |          |          | 2        | 2        | 2        | 2        |          |
| 5 | Control fitosanitario deficiente   |                             |          |          |          |          |          |          |          | 2        | 2        |          |
| 6 | Deficiencia de Calcio              |                             |          |          |          |          |          |          | 2        | 2        | 2        | 2        |
| 7 | Excesiva humedad                   |                             |          |          |          |          |          |          | 2        |          |          |          |
| 8 | Vientos fuertes                    | 2                           | 2        | 2        | 2        |          |          |          | 2        | 2        | 2        |          |

(1) Efectos positivos.

(2) Efectos negativos

a: Tamaño

b: Peso

c: Número

d: Madurez

e: Espesor de cáscara

f: Textura de cáscara

g: Forma

h: Enfermedades poscosecha

i: Daños mecánicos

j: Calidad

k: Grado de perecebilidad

## CONCLUSIONES

- Los factores precosecha tienen una influencia importante en la calidad poscosecha de nuestros productos de exportación. Esto es especialmente cierto tomando en consideración el manejo a que deben ser sometidos nuestros productos en el largo trayecto a los mercados internacionales y que conociendo los efectos de las prácticas precosecha en el desarrollo, maduración y susceptibilidad a problemas fisiológicos y patológicos, nos ayudaría a mejorar a explicar los problemas poscosecha y buscar soluciones para eliminarlos.
- Es importante hacer un esfuerzo por conocer como las prácticas precosecha influyen en la calidad poscosecha, porque así los productores podrían desde su actividad ser parte activa en la optimización de la calidad de los productos de exportación.

## **LITERATURA CONSULTADA**

ARPAIA, M. L. 1994. Preharvest factors influencing postharvest quality of tropical and subtropical fruit. *HortScience*. 29 (9): 982-985.

CASTRO, M. V; SABORIO, D. 2004. Buenas prácticas en la cosecha y transporte a centros de acopio y plantas empacadoras de productos perecederos. En *Sistemas poscosecha y su cumplimiento con requisitos de calidad e inocuidad de alimentos: Un enfoque práctico*. Memoria Curso Capacitación. Ed. por Gloria Meléndez. p. 111-120.

FONSECA, J. M; SAENZ, M. 1993. Factores precosecha y su efecto sobre la calidad poscosecha de un producto agrícola. En *Tecnología poscosecha de perecederos agrícolas: Curso Básico*. Ed. por Laboratorio Tecnología Poscosecha, UCR. p. 28-37.

MELVIN, B.P; VARGAS, J. M. 1994. Irrigation frequency and fertilizer type influence necrotic ring spot of Kentucky Bluegrass. *HortScience* 29(9): 1028-1030.

YAHIA, E.M. 1992. *Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas*. Editorial LIMUSA. México D.F., México. 301 pag.

---

## ENFERMEDADES POSCOSECHA Y SU CONTROL

---

**Gerardina Umaña R.<sup>1</sup>**  
[gumanar@cariari.ucr.ac.cr](mailto:gumanar@cariari.ucr.ac.cr)

### 1. CAUSAS DE LAS ENFERMEDADES POSCOSECHA

Con la cosecha, los productos agrícolas se desprenden de la planta madre, fuente natural de agua, sostén, nutrientes, sin embargo, aunque estén separados, los tejidos mantienen su funcionamiento fisiológico y pueden continuar transformándose hasta degradarse, esto como algo natural e inherente a la fisiología del producto, o también los tejidos pueden ser afectados por factores como son las plagas o las condiciones ambientales en los que se les mantiene. En los productos tropicales, los daños por insectos y enfermedades figuran dentro de las principales causas de pérdidas en poscosecha.

Dentro de las enfermedades poscosecha, se han distinguido dos grupos:

#### 1.1 Enfermedades abióticas o fisiopatías

Son causadas por diversos factores que pueden producir por sí solos daños en la fisiología de los productos, lo cuales pueden afectar procesos como el de la maduración, pueden alterar algunos otros aspectos relacionados con la apariencia del producto o su sabor, y que desde la perspectiva que estamos analizando, tienen la particularidad de predisponer y ser puertas de entrada para microorganismos causantes de pudriciones.

Entre los principales factores que pueden alterar la fisiología del producto en poscosecha están las condiciones que prevalecieron durante el desarrollo del cultivo en campo como son la nutrición y el clima, y si se considera la etapa poscosecha, se incluyen los daños mecánicos, la temperatura de almacenamiento, atmósferas de almacenamiento alteradas y la humedad relativa inadecuada entre otros.

#### Desbalances nutricionales

Estos problemas aunque se inician en el campo, muchas veces se manifiestan después de que los productos son cosechados. Quizás de los elementos más estudiados ha sido el calcio, por estar

---

<sup>1</sup> Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas, Laboratorio de Tecnología Poscosecha

asociado con un gran número de alteraciones (Cuadro 1). También se ha hecho énfasis al manejo del potasio, por su relación con aspectos de calidad como son el sabor, desarrollo de color durante la maduración, sin embargo, es probable que en el desarrollo de muchas otras alteraciones poco entendidas, estén involucrados otros elementos, para los que serán los estudios específicos que se pueden hacer, los que permitan aclarar mejor su papel, pero mientras tanto, lo mejor es considerar siempre las estrategias de manejo integral de la nutrición de los cultivos para evitar los desbalances que conduzcan a alteraciones fisiológicas y pérdidas poscosecha.

**Cuadro 1. Alteraciones de frutas y hortalizas relacionadas con el calcio**

| Producto  | Alteración                                                   |
|-----------|--------------------------------------------------------------|
| Aguacate  | Mancha apical                                                |
| Apio      | Corazón negro                                                |
| Chile     | Pudrición del extremo apical                                 |
| Mango     | Punta o nariz blanda                                         |
| Sandía    | Pudrición del extremo apical                                 |
| Tomate    | Pudrición del extremo apical, agrietamiento, semillas negras |
| Zanahoria | Agrietamiento, cavidades                                     |

(Tomado y modificado de Willis *et al.*, 1999)

En el caso del mango, uno de los problemas asociados a la deficiencia de calcio es la “punta o nariz blanda”, la cual se manifiesta como un ablandamiento de la pulpa por sobremaduración alrededor de la semilla y en el extremo apical, antes de que el resto de la fruta madure y esté lista para el consumo. Para prevenir este daño se recomienda evitar los excesos de fertilización con nitrógeno y mantener los niveles recomendados de calcio en los tejidos.

En melones se ha observado una alteración denominada vitrescencia, en la cual la pulpa toma una apariencia brillante, transparente en algunas zonas, poniéndose suave. Se ha asociado este síntoma a condiciones de clima-suelo poco favorables al cultivo y a excesos de calcio o falta de potasio durante el desarrollo del cultivo.

Se ha observado en algunas áreas en Guanacaste, que en el fruto de la sandía, aparecen en el extremo apical coloraciones café, luego los tejidos con estas alteraciones se van marchitando, y conforme la fruta crece, los tejidos se descomponen. Esto se ha asociado con deficiencias en el suministro de agua y con deficiencias de calcio. Es muy común encontrar que después de esta lesión de origen abiótico, se desarrollan mohos color oscuro, correspondientes a hongos de los géneros *Cladosporium* y *Alternaria*, principalmente considerados como invasores secundarios en tejidos debilitados.

### **Daños mecánicos**

Se pueden producir diferentes tipos de daños físicos en los productos hortícolas ya sea en el campo o en poscosecha, entre de los que se incluyen las heridas en la superficie, golpes, magulladuras, daños por vibración, que alteran la apariencia y calidad y pueden provocar la pérdida del producto total, o acelerar la pérdida de agua y por lo tanto el peso y favorecer la entrada de patógenos causantes de pudriciones. Son una de los principales causantes de pérdidas a nivel de pequeño y mediano productor, donde en la mayoría de los casos no se cuenta con apoyo técnico donde se enfatice la susceptibilidad de los productos agrícolas perecederos al mal trato.

En una investigación realizada por Chang (2000), se encontró que la variedad de mango Tommy Atkins es más susceptible al daño mecánico que la variedad Haden. Se ha observado que cuando se favorecen los golpes y magulladuras, se incrementa la incidencia del hongo *Aspergillus*, un patógeno débil que no se presenta en empacadoras donde se previene el daño mecánico.

En términos generales, una de las formas de prevenir el daño mecánico es entrenar al personal haciendo énfasis en la importancia de evitarlo para lograr mantener la calidad del producto. También se recomienda, el uso de las espumas de uretano para amortiguar los golpes durante el transporte y a la hora de descargar las frutas en las mesas.

### **Daños por temperatura**

El almacenamiento de productos a la temperatura apropiada es una de las estrategias para mantener la calidad nutritiva, reducir las pérdidas de peso y pudriciones en poscosecha y por lo tanto prologar la vida en almacenamiento.

El almacenamiento a temperaturas bajas tiene efectos beneficiosos debido a que disminuye la actividad metabólica de los tejidos, reduciendo la respiración y por lo tanto retardando el deterioro y senescencia, sin embargo es necesario considerar que los diferentes productos requieren de diferentes temperaturas para su almacenamiento.

Los productos tropicales son muy susceptibles al daño por frío, o cuando se mantienen por un período prolongado a temperaturas ambientales inferiores a los 10 ° C, sin embargo, la temperatura umbral, por debajo de la cual ocurren los daños, depende básicamente de las características genéticas y del tiempo de exposición.

En general, los síntomas de daño por frío se caracterizan por producir pequeños hundimientos en la superficie, decoloración superficial e interna, maduración dispareja, pérdida de sabor e incremento en el desarrollo de mohos y pudriciones (Cuadro 2).

En el caso del mango, si el daño por frío no es muy severo, se produce deshidratación de los tejidos, hundimientos en la cáscara (Fig. 1), si el daño es severo, se desarrollan unas coloraciones café en la pulpa (Fig. 2), inclusive en la cáscara y la maduración o no se realiza o es dispareja.



**Fig. 1. Hundimientos en cáscara de mango producto del daño leve por frío.**



**Fig. 2. Manchas marrones en cáscara de mango producto del daño severo**

En la sandía, los daños por frío se pueden dar con temperaturas menores a 5 °C, observándose hundimientos, manchas color marrón en la superficie de la fruta. Las alteraciones en el color se



notan más cuando la fruta se coloca a temperaturas normales, y como en otras especies, se han observado que hay diferencias en susceptibilidad entre los cultivares.

**Cuadro 2. Síntomas que se presentan en diferentes productos a temperaturas más bajas de las recomendadas**

| Producto         | Temp. mínima de almacenamiento (°C) que aún es segura | Síntomas que se desarrollan a temperaturas de almacenamiento menores        |
|------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Plátano          | 12                                                    | Rayas pardas en la piel                                                     |
| Pepino           | 7                                                     | Pardeamiento                                                                |
| Berenjena        | 7                                                     | Escaldado superficial                                                       |
| Mango            | 12                                                    | Áreas pardas, piel marchita                                                 |
| Melón Honey Dew  | 7                                                     | Moteado, pudriciones superficiales                                          |
| Melón Cantaloupe | 2,2-5                                                 | Hundimientos superficiales, problemas para madurar, mayor cantidad de mohos |
| Papaya           | 10 -15                                                | Moteado                                                                     |
| Piña             | 6-15                                                  | Pardeamiento parte comestible                                               |

### Atmósferas alteradas

La presencia de poco oxígeno (menos del 1%), y/o mucho dióxido de carbono (más del 20%) puede favorecer la descomposición fisiológica de muchos productos. Bajo algunas condiciones de almacenamiento, el oxígeno atmosférico puede reducirse y resultar insuficiente para un metabolismo aeróbico, por lo que los tejidos inician la respiración anaeróbica, en el que la glucosa almacenada en las células se convierte en piruvato y este a la vez se transforma en ácido láctico, acetaldehído y etanol, lo que produce un olor característico y a la vez altera el sabor de los productos, denominándose a este proceso fermentación.

El encerado que se practica en algunas frutas, puede variar las condiciones de intercambio gaseoso de las frutas, y se ha observado, especialmente en mango, que cuando la cera no se aplica en las proporciones recomendadas, se favorece el proceso de fermentación de la fruta.

Otra situación donde se puede alterar la atmósfera apropiada que rodea un producto agrícola se da con la exposición al etileno ( $C_2H_4$ ), especialmente si el producto expuesto pertenece al grupo de los no climatéricos, por ejemplo las hortalizas de hoja como el apio, lo que puede inducir a alteraciones de los tejidos como el amarillamiento no deseado, reducción en la calidad y

aceleración de la senescencia, o favorecer la maduración en un lote de productos que interesa que se madure más lentamente.

La incidencia y severidad de los desórdenes fisiológicos relacionados con la composición atmosférica que se presentan durante el almacenamiento van a depender de las interacciones entre concentraciones de oxígeno, dióxido de carbono, etileno y temperatura y tratamientos aplicados.

### **Humedad relativa**

Como se mencionó, la pérdida de agua de las frutas y hortalizas es mayor conforme el ambiente que les rodea tiene menos humedad relativa, lo que puede producir disminución del peso y favorecer los desórdenes fisiológicos. A una humedad relativa dada, la pérdida de agua se incrementa con el aumento de la temperatura. La humedad relativa recomendada para el almacenamiento de frutas es de 85-95 %, y entre 90-98% para hortalizas, con excepción de algunas como las cebollas secas y zapallos para los que se recomienda entre un 70-75%. Cuando se almacena un producto a una temperatura baja y luego se le somete a una mayor temperatura, se produce la condensación de agua sobre el producto, lo que favorece el desarrollo de pudriciones.

## **1.2 Enfermedades bióticas**

### **1.2.1 Tipos de enfermedades**

En los productos agrícolas se pueden desarrollar diferentes poblaciones de organismos que los pueden alterar, pero dos clases son de interés por afectar la calidad, cantidad y seguridad del consumo de alimentos: los que causan pudriciones en el producto agrícola propiamente dicho y los organismos que puede portar el producto agrícola y que son causantes de enfermedades en humanos.

#### **1.2.1.1 Pudriciones poscosecha**

Los hongos y las bacterias son los principales organismos causantes de pudriciones en poscosecha, figurando principalmente miembros pertenecientes a los ascomicetes y los hongos

mitospóricos. También son importantes géneros de hongos como *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizopus*, *Mucor*. Entre las bacterias, los géneros más importantes son *Erwinia* y *Pseudomonas* (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Organismos causantes de enfermedades poscosecha en diferentes cultivos**

| Patógeno                              | Enfermedad               | Algunos de los cultivos afectados                                                          |
|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Alternaria alternata</i>           | Pudriciones en frutos    | Cebolla, chile, coliflor, mango, manzana, melón, papaya, pepino, repollo, tomate zanahoria |
| <i>Aspergillus niger</i>              | Pudrición negra          | Ajo, cebolla, maíz, melón, tomate                                                          |
| <i>Botryodiplodia theobromae</i>      | Pudrición de corona      | Aguacate, banano, cítricos, mango                                                          |
| <i>Botrytis cinerea</i>               |                          | Ajo, camote, cebolla, coliflor, fresa, lechuga, manzana, melón, tomate, uva                |
| <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> | Antracnosis              | Aguacate, banano, cítricos, mango, papaya                                                  |
| <i>Fusarium moniliforme</i>           | Pudrición café           | Piña                                                                                       |
| <i>Fusarium spp.</i>                  | Pudrición seca           | Camote, cebolla, chile, tomate, maíz, melón, papa, sandía,                                 |
| <i>Geotrichum candidum</i>            | Pudrición ácida          | Cítricos, melón, tomate                                                                    |
| <i>Penicillium spp.</i>               | Moho azul                | Melón, pepino, tomate                                                                      |
| <i>Phytophthora infestans</i>         | Tizón tardío             | Papa, tomate                                                                               |
| <i>Rhizopus stolonifer</i>            | Pudrición suave y acuosa | Aguacate, camote, chile, fresa, melón, papaya, tomate, vainica, zanahoria                  |
| <i>Erwinia carotovora</i>             | Pudrición suave          | Cebolla, brócoli, camote, chile, espinaca, melón, papa, pepino, repollo, tomate, vainica   |

(Modificado de Barkai-Golán, R., 2001)

Los anteriores organismos tienen potencial para causar enfermedades, sin embargo, es frecuente que se asocien con otros hongos y bacterias con menos capacidad patogénica que también están presentes en los tejidos y que actúan básicamente como parásitos secundarios o saprófitos.

### 1.2.1.2 Patógenos a humanos

El otro grupo conformado por los organismos que pueden producir enfermedades en humanos, pueden llegar a los alimentos en cualquier etapa del proceso de producción y tienen un gran potencial para causar epidemias, inclusive la muerte en cierto tipo de consumidores que presentan mayores riesgos a estos problemas como son los niños, los adultos afectados por enfermedades del sistema inmunológico o los ancianos. Por las anteriores razones, los estudios sobre estos organismos se han intensificado en los últimos años. En el Cuadro 4, aparecen los nombres de algunos de los organismos patógenos a humanos que se han encontrado contaminando alimentos.

**Cuadro 4. Organismos causantes de enfermedades en el hombre recuperados de alimentos contaminados**

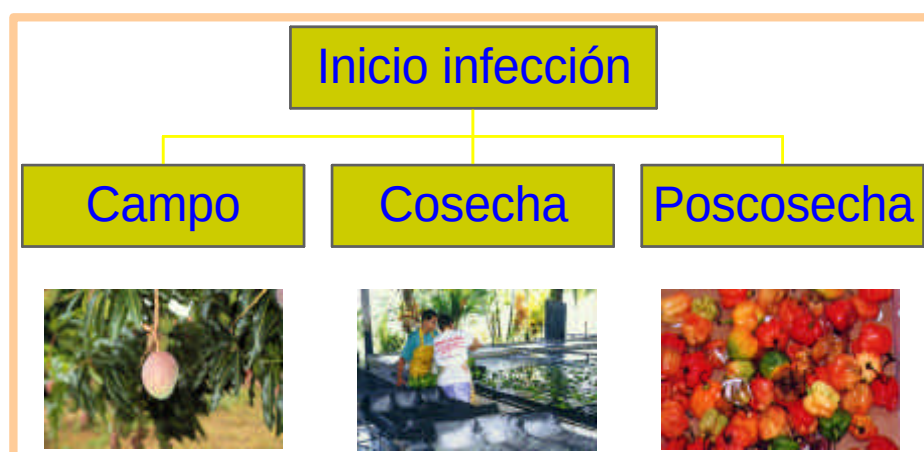
| Patógeno                      | Cultivo                                                                                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Salmonella</i>             | Melones, frijoles nacidos, tomates, jugos sin pasteurizar                                          |
| <i>Shigella</i>               | Lechuga, cebolla, ensaladas frescas, sandía                                                        |
| <i>Escherichia coli</i>       | Ensaladas, zanahorias, brotes de alfalfa, lechuga, cidra                                           |
| <i>Listeria monocytogenes</i> | Lechuga, tomate, apio, repollo (sobrevive y se reproduce en tomate, espárrago, brócoli y coliflor) |
| <i>Campylobacter</i>          | Pepino y lechuga                                                                                   |
| Hepatitis A                   | Lechuga, fresas y frambuesas                                                                       |

(Modificado de, World Health Organization, 1998).

## 2. MOMENTOS DE INFECCIÓN O CONTAMINACIÓN DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS

### 2.1 Por patógenos de plantas

Las infecciones en los productos agrícolas se pueden iniciar en el campo, durante las labores de cosecha, o durante el transporte y almacenamiento (Fig. 3). Algunos de los organismos patógenos a plantas que inician los procesos de infección en el campo, son capaces de atravesar la cubierta exterior y penetrar a tejidos interiores y permanecer latentes hasta que el producto madure, otros llegan a los tejidos durante las labores de cosecha, o durante el transporte y almacenamiento.

**Fig. 3. Momentos en que puede ocurrir la infección por organismos causantes de pudriciones durante el almacenamiento y/o transporte.**

El tener claro el momento en que ocurre la infección por los diferentes organismos, es un aspecto muy importante para planear las estrategias para reducir el desarrollo de pudriciones, o para escoger los tratamientos más adecuados para su control. En el Cuadro 5 se presenta un resumen sobre las principales enfermedades poscosecha que afectan los frutos de mango, melón y sandía y los momentos en que puede ocurrir la infección.

**Cuadro 5. Principales pudriciones que afectan los frutos de mango, melón y sandía durante la poscosecha**

| Cultivo        | Nombre enfermedad y organismo causante                                                                                                                                                    | Síntoma                                                                                                                                                                                    | Momento infección                                       |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Mango          | Antracnosis (hongo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> )                                                                                                                                | Manchas negras café oscuro, pueden ser hundidas y pueden presentar cuerpos color salmón que corresponde a estructuras donde se producen las esporas                                        | Floración, desarrollo fruto                             |
|                | Pudrición peduncular (hongo <i>Lasiodiplodia</i> (= <i>Botryodiplodia theobromae</i> ))                                                                                                   | Pudrición en zona peduncular de consistencia suave, avance rápido                                                                                                                          | Cosecha principalmente                                  |
|                | Bacteriosis ( bacteria <i>Erwinia</i> sp.)                                                                                                                                                | Lesión negra, borde irregular, húmedo, hundido. Internamente la lesión se puede desarrollar desde la semilla o en cualquier otra parte de la pulpa, produciendo un ennegrecimiento de esta | Floración, desarrollo fruto                             |
|                | Pudrición lateral (hongo <i>Aspergillus niger</i> )                                                                                                                                       | Lesión redondeada, consistencia suave, borde definido que puede presentar moho negro                                                                                                       | Cosecha y empaque, favorecida por golpes y magulladuras |
|                |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                            |                                                         |
| Melón y sandía | Lesiones corchosas, lesiones en redecillas y pudriciones en diferentes partes de la fruta incluyendo el pedúnculo ( hongo <i>Fusarium solani</i> f. sp <i>cucurbitae</i> y otras especie) | En melones Cantaloupe se desarrollan lesiones corchosas, o puede desarrollarse en la redecillas                                                                                            | Desarrollo fruto, almacenamiento                        |
|                |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                            |                                                         |

|  |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                          |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Antracnosis (hongo <i>Colletotrichum orbiculare</i> )                                        | Lesiones redondeadas, hundidas, color café claro que luego toman coloración negra. Puede favorecer el crecimiento de otros hongos saprófitos                                                                              | Floración, desarrollo fruto                                                                                                                                                              |
|  | Moho negro verdoso (hongo <i>Cladosporium cucumerinum</i> y varias otras especies)           | Lesiones más pequeñas que las de la antracnosis, hundidas, con moho color negro o verde oliváceo                                                                                                                          | Desarrollo fruto y almacenamiento. Algunas especies como <i>C. herbarum</i> se ven favorecidas por daño por frío en la fruta                                                             |
|  | Lesión por Alternaria (hongo <i>Alternaria cucumerina</i> )                                  | Lesiones acorchadas, color café claro. Afecta principalmente al melón Cantaloupe. Se puede desarrollar un moho color oscuro sobre la superficie de la lesión que corresponde a las esporas del hongo                      | Desarrollo fruto. Favorecida por el daño por frío                                                                                                                                        |
|  | Pudrición negra del fruto (hongo <i>Didymella bryoniae</i> = <i>Mycosphaerella melonis</i> ) | Lesiones inicialmente circulares, acuosas, luego se tornan oscuras y hundidas. Pueden producir un exudado gomoso y si la humedad es alta, se producen unas pequeñas estructuras negras donde el hongo produce las esporas |                                                                                                                                                                                          |
|  | Pudrición acuosa (bacteria <i>Erwinia</i> spp.)                                              | Lesión de apariencia acuosa, consistencia suave, rápidamente puede abarcar toda la fruta                                                                                                                                  | Durante el desarrollo del fruto especialmente, si se presentan lesiones por otras enfermedades, cualquier alteración física de la fruta y daños por insectos. Durante cosecha y empaque, |

|  |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                   |
|--|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|  |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | favorecida por<br>heridas                         |
|  | Pudrición suave por<br><i>Rhizopus</i> (hongo <i>Rhizopus</i><br>sp.)         | Lesiones acuosas, de bordes<br>definidos, que llegan a<br>constituirse en una pudrición<br>extensiva suave y muy húmeda.<br>Produce un moho blanco<br>grisáceo.                                                                                                                                                                                                                                                      | Desarrollo fruto,<br>durante cosecha y<br>empaque |
|  | Bacteriosis (bacteria<br><i>Acidovorax avenae</i> subsp.<br><i>citrulli</i> ) | Lesión en la superficie de la<br>fruta color verde olivácea de<br>bordes irregulares, de avance<br>muy rápido. Conforme avanza,<br>toma una coloración más<br>oscura y se presentan<br>rajaduras en la cáscara a partir<br>de las cuales sale una sustancia<br>pegajosa color ámbar. Es poco<br>frecuente que la lesión<br>profundice, sin embargo,<br>favorece la entrada de<br>organismos patógenos<br>secundarios | Desarrollo fruto                                  |
|  |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                   |

## 2.2 Por patógenos a humanos

La contaminación precosecha de los productos alimenticios por organismos patógenos al hombre se puede dar a partir del suelo, heces, agua para riego, agua empleada para aplicar los tratamientos, el polvo, insectos, abonos orgánicos mal elaborados, presencia de animales domésticos en las plantaciones o empacadoras y durante el manejo de los productos por los trabajadores, o inclusive por la manipulación que se da en los puntos de venta. Existe un riesgo porque la mayoría de estos productos no se cocinan antes de su consumo, y porque algunos de los organismos con los que se pueden contaminar en cualquiera de los puntos durante su manejo pueden crecer aún a bajas temperaturas de almacenamiento.

## 2.3 Interacciones entre organismos patógenos a los cultivos y los organismos patógenos a humanos

La gran diversidad en la morfología y funcionamiento de los tejidos que conforman los productos frescos generan una gran cantidad de diferentes ecosistemas que pueden ser selectivos para albergar diferentes especies de microorganismos, sin embargo, se conoce muy

poco sobre el ecosistema de la superficie de frutas y hortalizas frescas y mucho menos de las relaciones que pueden tener los organismos beneficiosos y los organismos patógenos poscosecha con los que pueden causar enfermedades en humanos, iniciándose recientemente una línea de investigación en estos temas.

Son varias las causas por las que la presencia de los patógenos de las plantas pueden favorecer el incremento de las bacterias patógenas a humanos sobre los productos frescos, entre estas, los hongos o bacterias de las plantas alteran el pH de los tejidos, lo que prepara el sustrato para la permanencia o desarrollo de los patógenos a humanos, también, el desarrollo de lesiones por los patógenos en plantas se llegan a convertir en puertas de entrada, y la salida de los exudados de las lesiones, que contienen sustancias nutritivas, estimulan el crecimiento de las bacterias.

Investigaciones hechas por Conway *et. al.* (2000), han mostrado que cuando los frutos de manzana están infectados con el hongo *Glomerella cingulata*, se incrementa *Listeria monocytogenes*, mientras que cuando la pudrición de la fruta es causada por *Penicillium expansum* no se favorece el desarrollo de esta bacteria. Esto lo relacionan con un aumento del pH de 4,7 a 7 en los tejidos infectados por *G. cingulata*, mientras que cuando se desarrolla *P. expansum*, el pH pasa de 4,7 a 3,7, convirtiéndolo en un sustrato inadecuado para el crecimiento de la bacteria *Listeria monocytogenes*.

### **3. FACTORES QUE FAVORECEN EL DESARROLLO DE ENFERMEDADES POSCOSECHA Y MANEJO PREVENTIVO PARA DISMINUIR LA INCIDENCIA**

Considerando las características concernientes al producto agrícola, dentro de las condiciones que favorecen el desarrollo de enfermedades durante el transporte o el almacenamiento están: las heridas que se producen durante la cosecha y preparación del producto para el empaque, pérdida de resistencia intrínseca de los tejidos al desarrollo de las pudriciones, pérdida de firmeza que favorece la entrada de microorganismos, transformación de almidones a azúcares, lo cual favorece el crecimiento de hongos y bacterias, contacto entre las unidades que permite la formación de los llamados “nidos de pudrición” y la diseminación de las pudriciones, además, la mayoría contienen en sus tejidos gran cantidad de agua, lo que los convierte en excelentes sustratos para el desarrollo de las pudriciones.



Analizando las condiciones ambientales que rodean el producto durante el almacenamiento, la humedad relativa y la temperatura son las que tienen la mayor influencia sobre la calidad y el desarrollo de las pudriciones. Una temperatura y humedad relativa elevadas, favorecen el desarrollo de microorganismos, por el contrario, las temperaturas bajas y adecuadas, así como una humedad relativa correcta, frenan la velocidad de desarrollo de enfermedades poscosecha, tanto porque permiten mantener el producto agrícola en condiciones donde se limita su deterioro, así como porque reducen la velocidad de crecimiento de los organismos patógenos.

## 4. COMBATE ENFERMEDADES POSCOSECHA

### 4.1.1 Campo

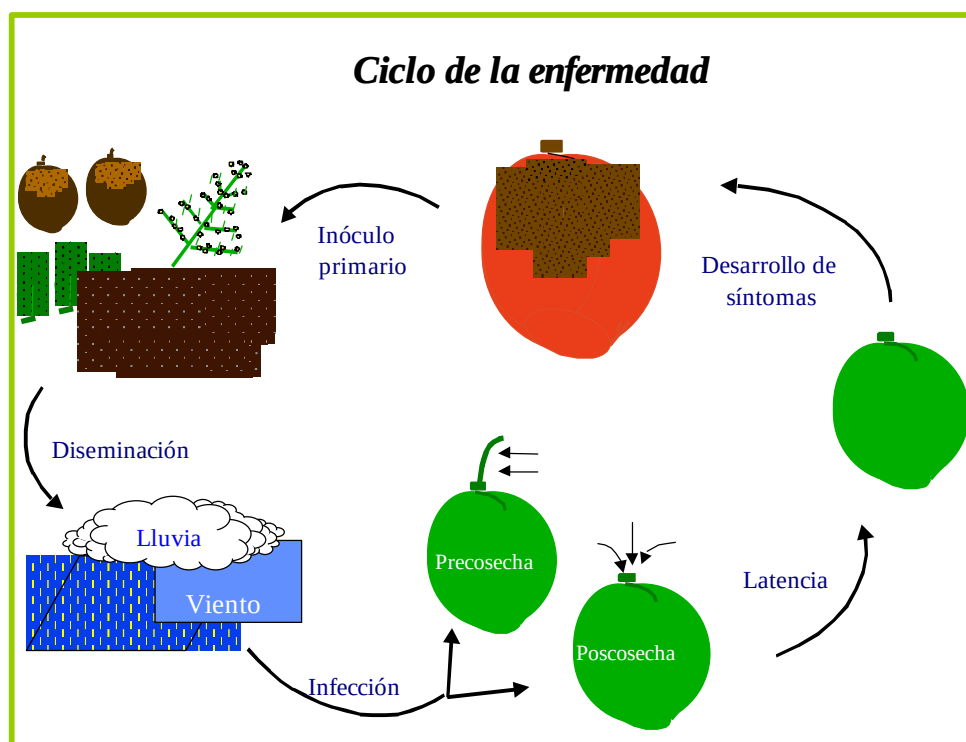
Las medidas para el control de enfermedades poscosecha deben iniciarse en la mayoría de los casos desde el campo, favoreciendo las condiciones propicias para el desarrollo del cultivo, como son zonas y épocas apropiadas para la producción, reducción en lo posible de las cantidad de esporas de organismos patógenos que se pueden depositar en la superficie de los productos realizando prácticas como la poda, atomizos con fungicidas protectores en épocas muy favorables para el desarrollo de las enfermedades, cosecha del producto cuando tiene el índice de madurez apropiada, protección del producto cosechado a la exposición de radiaciones solares y golpes.

La pudrición peduncular en mango, causada por el hongo *Botryodiplodia theobromae*, es la segunda enfermedad en importancia en este cultivo después de la antracnosis, y se desarrolla cuando las frutas comienzan su maduración, y es un caso interesante como ejemplo de manejo enfocado principalmente en una serie de labores en el campo y durante la cosecha, puesto que la infección se puede originar durante el desarrollo del fruto o en el momento de la cosecha, al entrar la fruta en contacto con el suelo (Fig. 4), y el combate químico en poscosecha con los fungicidas autorizados actualmente para uso es poco eficaz.

Por lo tanto se recomienda para el combate de la pudrición peduncular:

- Poda de frutos momificados, ramas y ramillas secas para disminuir la cantidad de esporas dentro de la plantación y que se pueden llegar a depositar en la fruta.

- Eliminación del material de poda, con el objetivo de eliminar fuentes de esporas que pueden llegar a los tejidos nuevos en la siguiente cosecha.
- Efectuar una fertilización balanceada, especialmente con elementos como el potasio, cuyas deficiencias se manifiesta principalmente como muerte de los bordes de las hojas viejas, sustrato que aprovecha el hongo para invadir y mantenerse.
- Evitar que la fruta cosechada entre en contacto con el suelo, puesto que este hongo permanece sobre una cantidad de diversos materiales en descomposición en el suelo.
- Practicar la eliminación del látex (o “deslechado”) de la fruta, cuando se realiza en el campo, sobre alguna superficie que evite el contacto con el suelo.
- Evitar las heridas a la fruta.
- Llevar la fruta a la empacadora lo más rápido posible, para evitar que las esporas presentes en el aire se depositen sobre la fruta.
- Cosechar el mango con pedúnculo, para retrasar la llegada del hongo a la fruta y dejar por lo menos 1 cm de este para favorecer el proceso de cicatrización de tejidos y que en caso de que ocurra la infección y penetración a partir del corte de la cosecha, retrasar el contacto del hongo con la pulpa.



**Fig. 4. Ciclo de vida del hongo causante de la pudrición peduncular (*Botryodiplodia theobromae*) en mango y momentos en que puede ocurrir la infección en la fruta.**

#### 4.1.2 Poscosecha

Como principio, se debe de continuar con las medidas generales recomendadas en el campo, tendientes a mantener la integridad del producto, evitando los golpes durante el manejo y transporte para no causar heridas que favorezcan la penetración y el desarrollo de microorganismos. También es importante la limpieza y desinfección periódica de cajas donde se traslada el producto de campo a empacadora, así como de las empacadoras y los equipos, para evitar el mantenimiento de esporas que puedan infectar los productos agrícolas.

Para el control de las pudriciones poscosecha se han empleado muchos tratamientos físicos y químicos, y se señala que la eficacia de los mismos va a depender de:

- La capacidad que tenga el tratamiento de alcanzar al organismo patógeno
- La cantidad de microorganismos contaminantes y la sensibilidad al tratamiento
- La sensibilidad que tenga el fruto o la hortaliza al tratamiento.

La escogencia del tratamiento para un producto depende de la vida útil que tenga, la distancia del mercado a los que se dirige, tipos de patógeno o patógenos que le afectan.

##### 4.1.2.1 Tratamientos físicos

El empleo de temperaturas bajas o refrigeración es el tratamiento físico más generalizado para disminuir el desarrollo de las pudriciones en poscosecha, cuyos principios y cuidados básicos se discutió en el apartado de enfermedades abióticas.

También se incluyen dentro de este tipo de tratamiento el empleo de agua caliente, con el que se logra afectar las estructuras de patógenos tanto superficiales como las que han logrado penetrar la cáscara. El agua caliente no es un tratamiento que se puede aplicar a todos los productos agrícolas, sino que es recomendable para algunos de ellos y para que no afecte al fruto pero si al patógeno, se deben de emplear las temperaturas específicas para cada variedad de producto y patógeno (Cuadro 6).

En el caso de frutos de mango, el tratamiento con agua caliente, entre 53 y 55 °C durante 3 a 15 minutos, se ha empleado para eliminar las infecciones latentes del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* causante de la antracnosis. La combinación de un combate integrado en campo de la antracnosis en conjunto con agua caliente más fungicidas en poscosecha, le han permitido a

Costa Rica poder exportar mango al mercado europeo. Cuando se emplean temperaturas mayores a las recomendadas, se presentan anomalías en la maduración, inclusive, se puede favorecer el desarrollo de pudriciones causadas por patógenos secundarios.

#### **Cuadro 6. Tratamiento con agua caliente para el control de enfermedades poscosecha.**

| Frutos    | Temperatura<br>T(°C) | Tiempo<br>(min) | Patógenos controlados                                            |
|-----------|----------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------|
| Limón     | 46-49                | 15,5-2,5        | <i>Phytophthora</i>                                              |
| Mango     | 53-56                | 5-15            | <i>Colletotrichum</i>                                            |
| Naranja   | 53,5                 | 5               | <i>Penicillium, Phomopsis</i>                                    |
| Papaya    | 43-49                | 20              | <i>Colletotrichum, Phytophthora, Rhizopus</i>                    |
| Melocotón | 49-54,5              | 1,5-7           | <i>Monilinia, Rhizopus</i>                                       |
| Tomate    | 60                   | 1,5-2           | <i>Alternaria, Botrytis, Penicillium, Phytophthora, Rhizopus</i> |

(Tomado y modificado de Spotts, 1984)

Para el melón, se han hecho algunas investigaciones donde se han encontrado buenos resultados para tratamientos donde se usa agua caliente a 54 °C durante 2 minutos sumergiendo frutas preenfriadas, sin embargo el tratamiento como tal no ha tenido buena aceptación para aplicarlo a nivel comercial.

#### **4.1.2.2 Tratamientos químicos**

La tendencia actual es a utilizar el mínimo de tratamientos químicos en poscosecha. Si por el tipo de cultivo, solicitud del cliente, plagas y riesgo es obligado el empleo de una sustancia o tratamiento para asegurar el mantenimiento de una buena calidad del producto, se tiene que:

- No emplear tratamientos prohibidos en los mercados de destino.
- Emplear solo productos o sustancias oficialmente registrados en el país de origen y para el cultivo específico. Para las operaciones poscosecha se debe elaborar una lista de los agroquímicos aprobados para el cultivo
- Si el producto no está registrado, el producto debe contar con guías claras para la utilización segura por parte del operador, en concordancia con el Código Internacional de Conducta sobre la Distribución y Uso de Pesticidas (FAO, Roma, 2002)

[http://www.fao.org/waicent/FaoInfo/Agricult/AGP/AGPP/Pesticid/Code/RVC\\_ode\\_es.doc](http://www.fao.org/waicent/FaoInfo/Agricult/AGP/AGPP/Pesticid/Code/RVC_ode_es.doc)

- El producto se debe usar según las indicaciones de la etiqueta, documentando las diferentes actividades que se realizar para cumplir con las instrucciones
- Se debe llevar un registro de la fecha, área geográfica, nombre de la finca, lugar, lotes del producto, desinfectantes, ceras, productos fitosanitarios usados, nombre técnico y nombre comercial del producto, concentración, cantidad y formas de aplicación de los tratamientos.

También es importante:

- Contar con un registro con la justificación técnica de la necesidad de la aplicación de los tratamientos poscosecha
- Tener una lista actualizada de todos los productos que están registrados y que se pueden emplear y elaborar un procedimiento para la revisión periódica de la legislación para asegurar que la lista de productos aprobados esté actualizada
- Que el personal responsable del acondicionamiento del producto, tenga la preparación técnica que lo capacita para esta actividad y que esto se constate con certificados de la capacitación
- Que se incluya en los registros de aplicaciones el nombre de la persona encargada de las aplicaciones

#### **4.1.2.3 Criterio para selección y aplicación de mejores tratamientos químicos**

Son varios los factores que afectan la eficacia de los tratamientos químicos, entre estos:

- La cantidad inicial de esporas
- La profundidad a la que se encuentran las lesiones en el interior de los tejidos
- La velocidad de crecimiento del patógeno
- La profundidad a la que es capaz de penetrar el producto químico en los tejidos
- Se señala en diferentes fuentes que es recomendable aplicarlo en las 24 horas siguientes a la recolección, de manera que puedan controlarse las infecciones antes de que se establezcan.

#### 4.1.2.4 Desinfección

##### Razones para el proceso de desinfección

Las diferentes actividades que se deben realizar desde la cosecha hasta el almacenamiento de los productos agrícolas involucra el uso del agua, lo que aumenta la probabilidad de contaminarlos con patógenos vegetales y microorganismos patógenos a humanos. Cualquier error en empleo de las aguas de lavado puede tener graves consecuencias, por lo que se considera un punto crítico para minimizar esta posibilidad y se deben de tomar todas las medidas necesarias. Un aspecto al que se le ha dado mucho énfasis en todo este proceso para garantizar la inocuidad de los alimentos es la *tecnología de desinfección* incluida dentro de los tratamientos poscosecha, la que no debe ser considerada la panacea, sino solo una medida más dentro del conjunto de medidas para prevenir la contaminación de los alimentos.

Se denomina *desinfección* al proceso mediante el cual al aplicar una sustancia al agua que entra en contacto con la superficie del producto agrícola, se puede lograr una disminución en las poblaciones de microorganismos que pueden causar enfermedades en las personas reduciendo también el número de otros microorganismos, como por ejemplo, los que pueden causar pudriciones, bajando de esta forma la probabilidad de transmisión de estos organismos por medio de las aguas de lavado a heridas o cortes, o la transmisión de estos organismos a partir de un producto infestado a la superficie no infestada de otro, o de un lote de producto a otro durante su manejo poscosecha.

##### Cloro

Es la sustancia desinfectante de uso más común empleada en los programas de saneamiento con el objetivo de lograr la seguridad de consumo de los alimentos frescos, básicamente porque es eficaz, tiene costos relativamente bajos y se puede adaptar a diferentes situaciones de acondicionamiento poscosecha de productos agrícolas.

Para obtener los mejores resultados con el agua clorinada, se debe tener en cuenta que lo importante es el *cloro activo*, también conocido como *cloro libre* o *cloro disponible*, que se define como la forma de cloro con el mayor poder oxidante y de eliminación de microorganismos, y

que al final es lo que interesa en el proceso de desinfección, asociándose esta capacidad principalmente con al ácido hipocloroso (HOCl).

### **Factores que afectan la cantidad de cloro activo**

Son varios los factores que afectan la cantidad de cloro activo en la solución en agua, entre los principales están el pH de la solución, encontrándose que la mayor actividad y estabilidad se obtiene a pH entre 6,5 y 7,5 (Cuadro 7). En soluciones con pH bajo, el cloro se pierde en forma de gas, mientras que a pH alto, el cloro reacciona con la materia orgánica formando las cloraminas, las cuales son consideradas indeseables desde el punto de vista de salud.

La presencia de materia orgánica y tierra, que se acumulan a través del tiempo en el agua durante el lavado de los productos agrícolas, reducen la cantidad de cloro activo presente en la solución, por lo que es un aspecto muy importante a considerar para garantizar la eficacia del tratamiento, incluyendo medidas que tiendan sobre todo a reducir la presencia de estos elementos y otra menos efectiva es el reforzamiento de las aguas con más cloro.

Otro factor importante es la temperatura del agua clorinada, pero es difícil la regulación de esta variable sin afectar a otros componentes del proceso. Así para mantener la calidad poscosecha, así al aumentar la temperatura, se incrementa la actividad del cloro pero también se favorece la pérdida en forma de gas cloro y no es lo mejor para los productos agrícolas, por lo contrario, si las temperaturas son bajas, como las que se emplean en procesos como los hidrogenfrío, se reduce la eficacia del tratamiento. En términos generales, la eficacia del tratamiento con el agua clorinada es mayor si la temperatura de la solución es superior que la temperatura del producto agrícola tratado.

### **Factores que influyen en la eficacia del proceso de desinfección con cloro**

- Tipo de microorganismo (los organismos patógenos a humanos, por lo general son menos sensibles al cloro que los patógenos a plantas)
- Temperatura de la solución
- Tiempo de exposición
- pH de la solución
- Tipo de producto

**Cuadro 7. Formas de cloro en el agua según el pH de la solución**

| pH   | % aproximado de cloro en forma de HOCL | % aproximado de cloro en forma de OCl- |                                                                      |
|------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 3,5  | 90                                     | 0                                      |                                                                      |
| 4,0  | 95                                     | 0                                      |                                                                      |
| 4,5  | 100                                    | Traza                                  |                                                                      |
| 5,0  | 100                                    | Traza                                  |                                                                      |
| 5,5  | 100                                    | Traza                                  |                                                                      |
| 6,0  | 98                                     | 2                                      |                                                                      |
| 6,5  | 95                                     | 5                                      | Mejor balance entre la actividad y estabilidad del ácido hipocloroso |
| 7,0  | 78                                     | 22                                     |                                                                      |
| 7,5  | 50                                     | 50                                     |                                                                      |
| 8,0  | 22                                     | 78                                     |                                                                      |
| 8,5  | 15                                     | 85                                     |                                                                      |
| 9,0  | 4                                      | 96                                     |                                                                      |
| 9,5  | 2                                      | 98                                     |                                                                      |
| 10,0 | 0                                      | 100                                    |                                                                      |

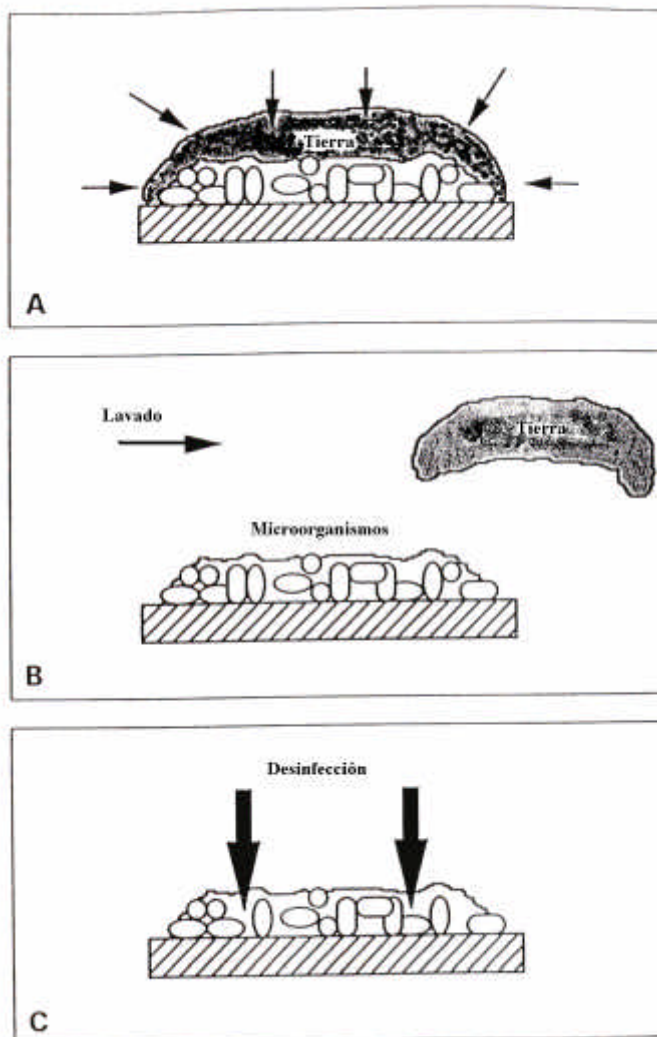
(Tomado y modificado de Suslow, T. Universidad de California. Publicación 8003).

### Medidas a considerar para lograr una desinfección adecuada

- Utilizar solo agua potable para el lavado y desinfección de los productos agrícolas frescos pues es la medida más segura para no contaminarlos con organismos que pueden causar enfermedades en humanos. Se ha encontrado una sensibilidad más baja de los microorganismos patógenos al hombre a los desinfectantes en comparación con los organismos causantes de pudriciones en frutas y hortalizas, por lo que no se pueden correr riesgos utilizando aguas de mala calidad, pensando que el desinfectante puede ser la solución a esta mala práctica.
- Se recomienda enjuagar previamente los productos para eliminar los restos de tejidos y suelo (Fig. 5), antes de someterlos al proceso de desinfección, también es importante hacer revisiones del agua de las pilas para definir el momento adecuado para hacer el cambio del agua.
- Evitar la acumulación de materia orgánica o suelo en el agua clorada, pues estos reaccionan con el cloro disminuyendo el cloro activo necesario para lograr la desinfección. Las concentraciones del cloro y el tiempo de exposición son dos aspectos que afectan al proceso de desinfección, variando según el producto agrícola (Cuadro 8) y la localidad en donde se está trabajando. En términos generales,



concentraciones entre 50-100 ppm durante 1 a 2 minutos son efectivas para reducir la contaminación de los productos agrícolas.



**Fig. 5. Pasos para la limpieza de productos agrícolas**

(Modificado de Howard, y González, 2001).

- Es necesario no perder de vista que algunos productos agrícolas son más sensibles a ser decolorados al usarse concentraciones altas de cloro como es el caso de la zanahoria, o a presentar lesiones en sus tejidos que pueden manifestarse como áreas más claras o más oscuras como ocurre en espárrago o apio, o también se pueden presentar alteraciones en los olores.

**Cuadro 8. Ejemplos de rango de concentraciones de cloro usadas en algunas hortalizas**

| Producto   | Tipo de tratamiento                     | Cloro activo (ppm) |
|------------|-----------------------------------------|--------------------|
| Apio       | Hidrogenofriamiento                     | 100                |
|            | Aspersión banda transportadora continua | 100-150            |
| Brócoli    | Aspersión banda transportadora continua | 100-150            |
| Camote     | Inmersión (prelavado)                   | 100-150            |
| Chile      | Tanque de recibo                        | 300-400            |
|            | Aspersión banda transportadora continua | 150-200            |
| Espárrago  | Aspersión banda transportadora continua | 100-150            |
|            | Hidrogenofriamiento                     | 125-150            |
| Espinaca   | Aspersión banda transportadora continua | 75-150             |
| Lechuga    | Aspersión banda transportadora continua | 100-150            |
| Maíz dulce | Aspersión banda transportadora continua | 75-100             |
| Melón      | Tanque de recibo                        | 100-150            |
|            | Aspersión banda transportadora continua |                    |
| Ñame       | Tanque de recibo                        | 100-200            |
| Tomate     | Tanque de recibo                        | 200-350            |
| Zanahoria  | Aspersión banda transportadora continua | 100-150            |
|            | Tanque                                  | 150-200            |

(Modificado de Suslow, T. 2002. Universidad de California. Publicación 8003)

- El uso de algunas sustancias como los surfactantes pueden ayudar a lograr un mejor mojado del producto, de forma que facilite que la película del agua clorinada alcance los diferentes espacios y rincones de los tejidos, aumentando la probabilidad de que el cloro entre en contacto directo con las esporas de los microorganismos para que estas puedan ser eliminadas.
- Es necesario monitorear el pH de la solución y garantizar las concentraciones de cloro libre recomendadas. Entre los productos que se usan en las empacadoras para mantener el pH del agua clorinada entre 6.5-7.5 están el ácido clorhídrico (HCl), o el ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ).
- Se recomienda que la temperatura del agua de lavado sea mayor a la temperatura del producto agrícola.

### Controles de las concentraciones de cloro en pilas de lavado

Es imprescindible dentro de un programa de calidad y seguridad poscosecha, el seguimiento y registro de los procedimientos de desinfección.

Dentro de los registros para documentar las condiciones de desinfección estarían:

- Lista con los productos aprobados
- Programación de los muestreos con base en la experiencia con el producto específico y condiciones de producción que tienen los diferentes productos agrícolas

Aparte de los registros, se cuenta actualmente con varias herramientas para monitorear las condiciones en que se está realizando el proceso de desinfección o los niveles críticos de los desinfectantes en el agua como son:

- Papeles indicadores del pH del agua con los productos desinfectantes
- Equipo con sensores para medir pH
- Medidores del potencial de oxidación-reducción (POR) expresado como milivoltios (mV), encontrándose que un valor de 650 a 700 mV permiten que las soluciones con los desinfectantes trabajen mejor para la eliminación de bacterias patógenas a los productos agrícolas y bacterias patógenas a humanos como *Escherichia coli* y *Salmonella* en un corto tiempo (Suslow, T., 2002).

#### 4.1.2.5. Uso de fungicidas

##### Tratamientos con fungicidas

Los inconvenientes señalados al combate químico en poscosecha se basa en argumentos muy sólidos como el que señala que los tratamientos se hacen muy cerca del momento de consumo, lo que no da chance de que participen factores ambientales en la eliminación o degradación del producto.

Por lo tanto, para la aplicación en poscosecha de fungicidas se deben considerar únicamente a aquellos autorizados y se deben aplicar en las condiciones en las que fueron homologados (dosis, métodos de aplicación) y debe de responder al tratamiento propio de comercialización para cada producto, esto es que por ejemplo, en los tratamientos que se hacen a la corona en el banano que se envía a los mercados de los Estados Unidos, por requerir de menos días para llegar, se emplean menores concentraciones de los fungicidas en comparación con el producto cuyo destino es Europa, y que por lo general implica el doble del tiempo para llegar a su punto de destino. La eficacia de un tratamiento químico en poscosecha depende de:

- Tipo de organismo presente
- La cantidad inicial de esporas sobre el producto
- La profundidad en que se encuentren las esporas
- La capacidad de penetración de la sustancia química en los tejidos
- La velocidad de crecimiento del microorganismo
- Temperatura y humedad ambientales

La forma de aplicación de los fungicidas en poscosecha puede ser en:

- a. Drencher, donde se inunda o moja el producto con la suspensión del fungicida directamente en los cajones al ingreso de la planta empacadora.
- b. Inmersión, colocando los productos en tanques o recipientes que contienen la suspensión con el fungicida y donde pueden permanecer durante unos minutos (por lo general de 1 a 3 minutos). Se recomienda primero lavar el producto con agua con cloro, siendo indispensable vigilar las concentraciones de los fungicidas a lo largo de la jornada de trabajo, así como la acumulación de tierra, hojas, ramillas. En cítricos se considera la inmersión como la mejor técnica de aplicación, y está indicada para el uso de las carbendazinas, imidazoles, triazoles y morfollinas.
- c. Ducha o spray, en la cual la suspensión del fungicida es aplicada en forma de aspersión, a través de boquillas instaladas encima del transportador de los productos, los cuales se mueven girando sobre si mismos sobre cepillos suaves que permanecen mojados con la suspensión del fungicida. Con esta técnica, el depósito de los fungicidas no es tan homogéneo como en la inmersión, pero en general, se puede obtener un control parecido.
- d. Aerosol-niebla, donde el fungicida en suspensión líquida es dispersado en partículas muy finas en el aire del interior de la cámara de conservación, formando una niebla, que poco a poco se va depositando en el producto, cajones, suelo, paredes.
- e. Fumigación, en la cual el fungicida se aplica en forma de gas. Se ha generado una serie de diferentes presentaciones de los fungicidas como las pastillas que en general, al entrar en contacto con la humedad generan un gas donde van suspendidas las moléculas del fungicida. Primero se fabricó el tiabendazol, luego el vinclozolin y después el imazalil. Ha sido una técnica poco eficiente en algunas situaciones, lo que podría ser debido a falta de más investigación.

- f. Funguicidas impregnados a los materiales de recubrimiento, como papeles de cubierta de frutas, tal es el caso del dióxido de azufre, impregnado en cartones que cubren las cajas con uvas y que durante el transporte, por la acción de la humedad genera un gas que permite el combate de la pudrición por el hongo *Botrytis* spp.
- g. Funguicidas mezclados con ceras, aunque se ha encontrado que las carbendazinas y los imidazoles no resultan ser tan efectivos en comparación con las suspensiones del fungicida en agua, debido probablemente a la falta de disponibilidad del fungicida en los sitios de infección, dificultad para lograr una buena distribución de la cera o resina. Muchas de las ceras presentan serios problemas de compatibilidad con las formulaciones funguicidas comúnmente hallados en el mercado. La causa de esa incompatibilidad está asociada a los componentes inertes de los funguicidas que causan cambios drásticos del pH de las ceras.

Cuando se exporta mango de Costa Rica hacia el mercado europeo, es necesario emplear tratamientos que puedan eliminar las infecciones latente que desarrolla el hongo *Colletotrichum gloesporioides*, para esto se emplea el fungicida procloraz en concentraciones de 500 a 1000 mg de ingrediente activo/L de agua. La combinación de agua caliente entre 53 a 55 °C durante 3 a 15 minutos junto con el fungicida es lo más eficaz para el control de la antracnosis en poscosecha, obviamente, si se ha realizado un combate integral de la enfermedad en el campo. Estos dos tratamientos se pueden aplicar juntos o separados. Algunas de las características de los funguicidas más utilizados en poscosecha se presentan en el Cuadro 9.

En el caso del melón y la sandía, uno de los funguicidas que se ha empleado en poscosecha es el tiabendazol, eficaz principalmente para evitar el desarrollo de lesiones causadas por el hongo *Fusarium* spp.

La resistencia de los patógenos a los funguicidas es un problema reconocido tanto a nivel de campo como en poscosecha. La selección de razas resistentes de hongos como *Penicillium* a los benzimidazoles y después al imazalil, fue una experiencia bastante dura en el sistema de cultivo de cítricos en regiones subtropicales, lo que nos sirve a los que trabajamos en la región tropical como experiencia para hacer un manejo técnico cuidadoso de los funguicidas.

**Cuadro 9. Algunos fungicidas empleados en poscosecha**

| Nombre común               | Grupo químico     | Mecanismo de acción               | Hongos que controla                                                                                                                                       |
|----------------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SOPP</b>                | Derivado fenílico | Inhibidor de la respiración       | <i>Penicillium</i> sp.                                                                                                                                    |
| <b>Fosetil de aluminio</b> |                   |                                   | <i>Phytophthora</i> sp.                                                                                                                                   |
| <b>Guazatina</b>           |                   |                                   | <i>Alternaria</i> sp.<br><i>Penicillium</i> sp.<br><i>Geotrichum candidum</i>                                                                             |
| <b>Imazalil</b>            | Imidazol          | Inhibidor síntesis del ergosterol | <i>Alternaria</i><br><i>Botrytis cinerea</i><br><i>Colletotrichum</i> sp.<br><i>Fusarium</i> spp.<br><i>Geotrichum candidum</i><br><i>Penicillium</i> sp. |
| <b>Procloraz</b>           | Imidazol          | Inhibidor síntesis del ergosterol | <i>Alternaria citri</i><br><i>Botrytis cinerea</i><br><i>Fusarium</i> spp.<br><i>Colletotrichum</i> spp.                                                  |
| <b>Tiabendazol</b>         | Benzimidazol      | Mitosis                           | <i>Colletotrichum</i> sp.<br><i>Botryodiplodia theobromae</i><br><i>Fusarium</i> spp.                                                                     |

(Tomado de Arauz, 1994, modificado).

El manejo y aplicación de fungicidas poscosecha es una actividad delicada dado que, como se ha mencionado anteriormente, existen pocas posibilidades de transformación de los plaguicidas antes de que lleguen al consumidor final y pocas probabilidades de descomposición o lavado, por lo que las dosis que se deben aplicar deben de ser muy exactas para que al final el producto agrícola llegue con los límites de residuos permitidos por los mercados.

La adecuada preparación técnica del personal a cargo de la preparación y aplicación de fungicidas poscosecha debe ser la base de un programa de control de riesgos de contaminación química que debe contemplar adecuada selección del producto a aplicar, selección de dosis, selección del método de aplicación, preparación de mezclas y control de la aplicación de fungicidas y otros productos autorizados para el cultivo.

#### **4.1.2.6. Uso de ceras**

El empleo de ceras en poscosecha persigue una reducción en pérdida de peso del producto permitiendo mantener, e inclusive mejorar su apariencia, formar una barrera protectora física adicional contra el ataque de microorganismos, sellar los daños mecánicos y retrasar el envejecimiento al reducir la transpiración y respiración.

Los ingredientes empleados para la formulación de la cera debe cumplir las normas establecidas para los aditivos directos a alimentos, y su registro se hace ante el Ministerio de Salud. Para la aplicación del encerado el producto debe estar limpio, sin residuos de jabones o tierra, preferiblemente seco. La cera puede ser aplicada en aspersión o inmersión.

En el caso de la aspersión, el producto agrícola va pasando bajo una boquilla aspersora graduable que va rociando una cantidad medida de cera, la cual es esparcida sobre la superficie del producto mediante un grupo de cepillos o rodillos. Las frutas y hortalizas recién enceradas deben estar secas al tacto antes de ser empacadas.

Existen en el mercado varios grupos de ceras de acuerdo al material de origen, las hay derivadas de petróleo, derivadas de grasas y aceites vegetales, derivadas de compuestos de exoesqueletos de crustáceos, entre otras.

#### **4.1.2.7 Aspectos de seguridad de los trabajadores y protección ambiental**

Los cursos de capacitación de los trabajadores en plantas empacadoras para el uso de las diferentes sustancias aplicadas en poscosecha es considerado un punto crítico para el manejo seguro de los tratamientos poscosecha, y deben contemplar las medidas preventivas para el buen manejo de los productos, manejo de los equipos para las aplicaciones, almacenamiento de las sustancias y formas apropiadas de desecharlos para que no causen contaminación ambiental y una herramienta también muy importante es llevar un registro de estas actividades.

## LITERATURA CONSULTADA

Arauz, L.F. 1994. Elementos básicos de patología poscosecha de frutas y hortalizas. I Taller Regional de Manejo Poscosecha de Productos de Interés para el Trópico. 25-29 julio de 1994. San José, Costa Rica.

Arauz, L.F., Wang, A., Durán, A. y Monterrey, Miguel. 1994. Causas de pérdidas poscosecha de mango a nivel mayorista en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 18 (1):47-51.

Barkai-Golán, R. 2001. Postharvest diseases of fruits and vegetables: development and control. 1ª ed. Elsevier, Amsterdam. 418 p.

Buck, J. W., Walcott, R. R., Beuchat, L. R. 2003. Recent trends in microbiological safety of fruits and vegetables. Online. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2003-0121-01-RV.

Chang, K. 2000. Caracterización del daño mecánico por impacto en productos frescos para exportación: mango, chayote tierno quelite y plátano verde curandé. Tesis. Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 83 p.

Conway, W. S., Leverentz, B., Saftner, R. A., Janisiewicz, W. J., Sams, C. E., and Leblanc, E. 2000. Survival and growth of *Listeria monocytogenes* on fresh-cut apple slices and its interaction with *Glomerella cingulata* and *Penicillium expansum*. *Plant Dis.* 84:177-181.

FAO. 2002. Código Internacional de Conducta sobre la distribución y Uso de Pesticidas. Roma. [http://www.fao.org/waicent/FaoInfo/Agricult/AGP/AGPP/Pesticid/Code/RVCode\\_es.doc](http://www.fao.org/waicent/FaoInfo/Agricult/AGP/AGPP/Pesticid/Code/RVCode_es.doc)

Latin, R.X.; Hopkins, D.L. 1995. Bacterial fruit blotch of watermelon. *Plant Disease* 79 (8): 761-765.  
Namesny, A. Post-recolección de hortalizas. Compendios de Horticultura. Vol III-Hortalizas de fruto. Ediciones de Horticultura, S.L. España. 301 p.

OIRSA. 2001. Manual para el control y aseguramiento de la calidad e inocuidad de frutas y hortalizas frescas. 116 p. <http://www.oirsa.org/Publicaciones/MCA/Manualparaelcontrolyaseguramiento.pdf>

Spotts, R. 1984. Environmental modification for control of postharvest decay. In: Postharvest pathology of fruits and vegetables. Edited by E. Moline. Publication NE-87 Agricultural Experimental Station. pp. 55-66.

Snowdon, A.L. 1990. A color atlas of post-harvest. Diseases & disorders of fruits & vegetables. Vol 1. General introduction & fruits. CRC Press. Boca Raton, Florida. 302 p. Suslow,

T. 2002. Introducción al potencial de oxidación-reducción como la norma para dar seguimiento a la desinfección poscosecha del agua. University of California, Cooperative Extension. <http://vric.ucdavis.edu/veginfo/foosafety/GAPs-spanish/por.html>.

Umaña, G. 1998. Elementos de patología poscosecha. En: Memorias Manejo Postcosecha de Frutas y Verduras en Iberoamerica. Red Iberoamericana de Tecnología Postcosecha de Frutas y Verduras. Ed. Baez, R. 138 p.

Wills, R.; McGlasson, B. y Graham, D. 1999. Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Traducido por Burgos, G., J. Ed Acibia, S.A. España. 240 p.



World Health Organization (WHO), FSF y FOS. 1998. Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: a review. Food Safety Issues 2. 42 p.

## **BIOLOGÍA Y FISIOLÓGÍA DE LOS PRODUCTOS FRESCOS**

---

**Marco Vinicio Sáenz M. M.Sc <sup>1</sup>.**  
[mvsaez@cariari.ucr.ac.cr](mailto:mvsaez@cariari.ucr.ac.cr)

### **INTRODUCCIÓN**

Dado que todos los productos hortícolas frescos siguen siendo organismos vivos, y en general esta es una de las características distintivas de este tipo de productos, es de suma importancia familiarizarse con los aspectos fisiológicos involucrados en el deterioro de productos frescos.

En ocasiones, aspectos fisiológicos determinarán cuán larga será la vida útil de ese producto, pero también ofrecen la solución a muchos de los problemas que se deberán enfrentar en el manejo de dichos productos. Por tanto, un profundo conocimiento de los aspectos fisiológicos involucrados en el comportamiento poscosecha de un producto será la herramienta básica de todo profesional que pretenda dedicarse a mejorar la calidad e incrementar el período de vida útil de un producto hortícola.

### **1. ASPECTOS GENERALES DE LOS CULTIVOS DE TIPO HORTÍCOLA**

Algunas de las principales características se detallan a continuación:

1. Son, en general, rentables en áreas relativamente pequeñas
2. Consumen cantidades apreciables de insumos, mano de obra, recursos de capital y tiempo
3. Son extremadamente sensibles a plagas y enfermedades
4. Son extremadamente sensibles a daños de tipo mecánico
5. Son extremadamente perecederos, y su vida útil se prolonga desde unos cuantos días hasta pocas semanas
6. Una gran cantidad de las operaciones propias del cultivo deben ser realizadas a mano o por máquinas delicadas
7. Cuando se producen pérdidas, usualmente estas representan una pérdida fuerte de capital

---

<sup>1</sup> Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas, Laboratorio de Tecnología Poscosecha

8. Se pueden encontrar opciones de cultivo para prácticamente todas las zonas con vocación agrícola, pero se requieren fuertes inversiones de capital
9. La mayoría de estos cultivos son rentables en plazos relativamente cortos

Este grupo de cultivos, genéricamente denominados hortícolas, se divide en áreas relativamente bien definidas:

- **Fruticultura:** Incluye todos aquellos frutos provenientes de árboles, es decir de plantas perennes y que se consumen como postres o de forma procesada.
- **Olericultura:** Incluye los cultivos que generalmente llamamos hortalizas, y algunos frutos como la fresa, el melón, la sandía, etc, que son producto de plantas anuales.
- **Horticultura ornamental:** Incluye flores, plantas y partes de plantas que se emplean con fines decorativos directos o como material de siembra (esquejes, rizomas, estacas, etc). Es un grupo extremadamente diverso.
- **Horticultura especial:** Incluye plantas que se emplean como condimentos, como medicinales, para infusiones (té), etc, y que deben manejarse como productos frescos.

Esta gama de productos, solo en el caso de Costa Rica, representa no menos de 1500 especies, de las cuales al menos 1100 son ornamentales. Como se podrá suponer, es prácticamente imposible para cualquier profesional, el conocer a fondo los aspectos agronómicos y de manejo poscosecha de cada una de ellas, sin embargo, un adecuado conocimiento de los aspectos fundamentales de la fisiología poscosecha podrá aportar suficientes elementos de juicio como para realizar un manejo adecuado de ese producto durante la etapa de comercialización.

## **2. FISIOLÓGÍA DE UN PRODUCTO AÚN UNIDO A LA PLANTA**

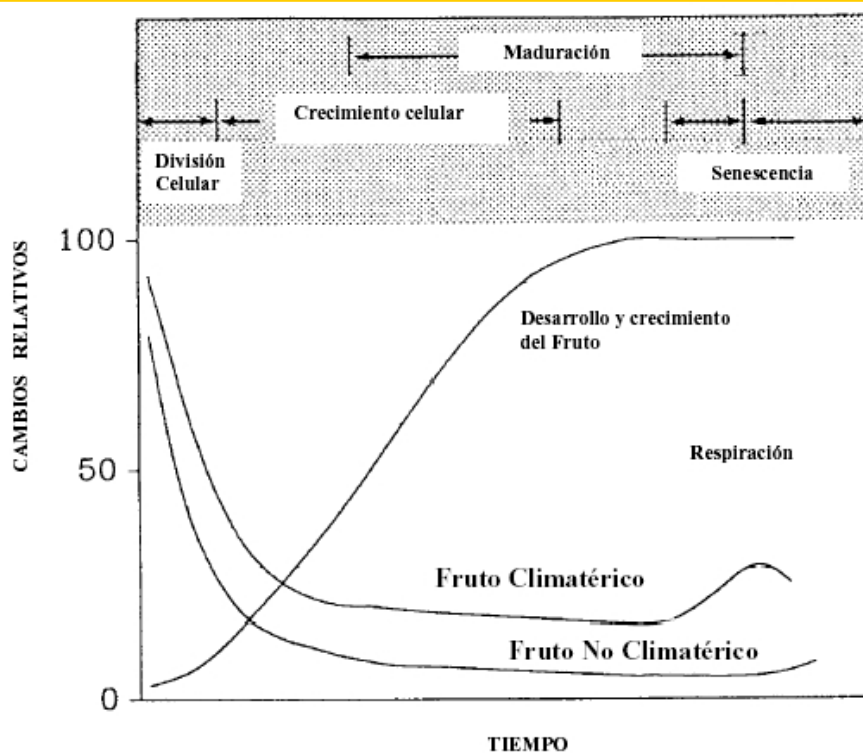
Mientras un producto, ya sea un fruto, una raíz, una flor, etc, permanece unido a la planta, ese producto recibe de la planta madre agua, a través del xilema, nutrientes producto de fotosíntesis (azúcares, etc), recibe también multitud de estímulos de tipo hormonal.

Un producto aún unido a la planta es capaz de restituir el agua perdida por deshidratación, recibe el influjo de diferentes tipos de hormonas, especialmente aquellas relacionadas con el mantenimiento de la funcionalidad de tejidos, además recibe fotoasimilados y nutrientes

minerales que le permiten seguir creciendo, acumulando reservas en forma de almidón u otras formas.

## FISIOLOGÍA DEL CRECIMIENTO Y MADURACIÓN DE PRODUCTOS HORTÍCOLAS

Es difícil hacer generalizaciones sobre el crecimiento de una planta, aún más arriesgado es tratar de generalizar sobre cómo crece un órgano, o la parte útil de una planta. En general, cualquier organismo vivo cumple una serie de fases relativamente bien definidas. En la figura 1, hemos tratado de ejemplificar el crecimiento de un órgano, tomando como base un fruto cualquiera.



**Figura 1.** Diferencia en el patrón de la tasa respiratoria de un fruto Climático y uno No Climático durante el desarrollo, maduración y senescencia

Se puede observar en esta figura que un órgano, en este caso un fruto, inicia su vida con una fase de división celular, usualmente esa fase ocurre luego de la diferenciación a nivel meristemático, en el caso de órganos vegetativos, o incluso plantas enteras, o luego de la fertilización del ovario en órganos reproductivos. En todo caso, la fase de división celular requiere la duplicación acelerada del material genético, la formación de nuevas membranas celulares, etc. Es por eso que en esas fases se requieren grandes cantidades de energía. En las

plantas, la energía requerida para toda actividad biológica proviene, casi sin excepción, del proceso respiratorio, es por eso que en esta fase la tasa respiratoria es relativamente alta, y los carbohidratos para esa respiración inicial provienen de la planta madre.

Una vez formadas las células, el siguiente paso es un crecimiento en volumen y la acumulación de materia seca, usualmente como parte de la pared celular y como reservas de carbohidratos (almidones y otros tipos de azúcares). Estos procesos de crecimiento o ensanchamiento celular demandan menores cantidades de energía y por tanto la tasa respiratoria tiende a disminuir.

Alcanzado cierto grado de desarrollo se presentan diferencias entre órganos, usualmente los órganos de almacenamiento, como raíces (yuca, zanahoria, raíz de chayote) pueden seguir creciendo indefinidamente, en plantas enteras (lechuga, culantro, apio, melón, sandía, banano, plátano, etc), la planta puede entrar en una fase reproductiva, emitir flores y eventualmente frutos. Los frutos alcanzan lo que comúnmente se denomina madurez fisiológica, que es el punto mínimo de crecimiento a partir del cual se puede desencadenar el proceso de maduración.

El proceso de maduración en frutas tiene, en general, dos patrones característicos. El primero, ilustrado en la figura 1, se denomina climatérico y se caracteriza por un incremento acelerado de la tasa respiratoria, que es coincidente con el inicio de cambios en color, composición, aroma, ensuavizamiento, etc. Este patrón de maduración es común en frutos de tipo tropical como banano, plátano, melón Honey Dew, mango, aguacate, papaya, sandía, zapotes, ayotes que se consumen maduros, anonas, etc.

El segundo mecanismo de maduración se denomina “no climatérico” y se caracteriza por no presentar un incremento acelerado de la tasa respiratoria, en ocasiones la respiración aumenta muy lentamente y en otros casos incluso disminuye aún más. Tal es el caso de frutas cítricas, pepino como fruta tierna, fresa, piña, chayote tierno y otros.

Estas diferencias, en el comportamiento durante la maduración, tienen fuertes implicaciones en la longitud de la vida poscosecha de un producto. En general, los frutos climatéricos son altamente perecederos, su maduración es rápida, se presentan fuertes cambios composicionales y en general aumenta la susceptibilidad a enfermedades. Los frutos no climatéricos, como la

naranja, son de maduración más lenta y no experimentan cambios sustanciales durante la maduración, excepto cambios de coloración y firmeza.

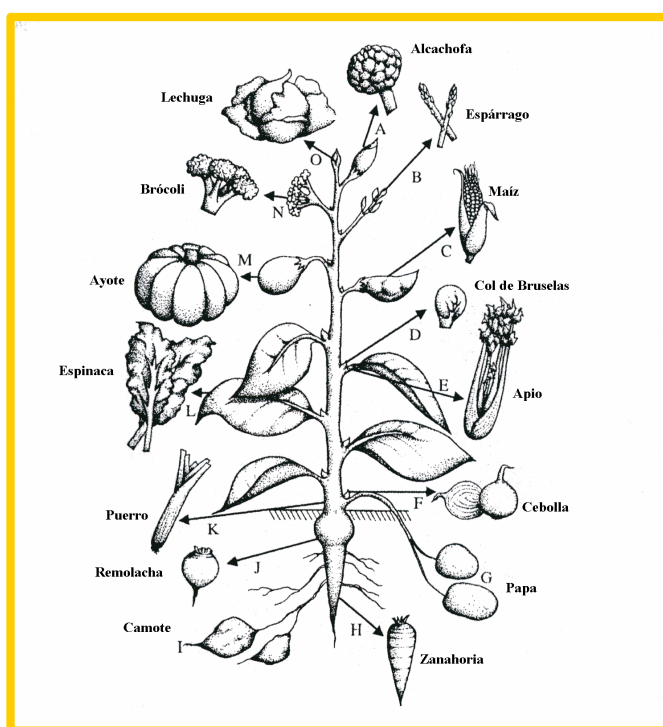
La gran diferencia entre frutos no climatéricos y los climatéricos es los primeros no almacenan azúcares en cadenas largas y estables como los almidones, por lo que son incapaces de incrementar su contenido de azúcares solubles (los que confieren la dulzura a un fruto) una vez cosechados, es decir acumulan reservas en forma de azúcares simples. Esto es especialmente notorio en la piña, donde si se cosecha con un 10% de sólidos solubles, estos no variarán gran cosa al madurar la fruta. Por el contrario, los frutos climatéricos almacenan reservas en forma de almidones o grasas, por lo que al ocurrir la maduración, esos almidones son hidrolizados (descompuestos), para dar azúcares simples, lo que aumenta la dulzura del fruto. Un mango para exportación se cosecha con un 4-6% de sólidos solubles, pero al momento de ser consumido debería alcanzar no menos de 12-14% dependiendo de la variedad.

Obviamente, la acumulación de reservas, en grandes cantidades, favorece el disponer de la energía necesaria para llevar a cabo los cambios que ocurren durante la maduración. Hay un factor, que si bien se discutirá posteriormente, merece ser mencionado ahora: ningún fruto que se consuma maduro podrá alcanzar un nivel aceptable de calidad si se le cosecha antes de tiempo, es decir antes del punto de madurez fisiológica indicado en las figura 1. La razón para esto es que el fruto debe acumular una cantidad de enzimas, hormonas, aminoácidos, etc, que posibiliten su maduración aún separado de la planta. Si se cosecha muy temprano esa acumulación no se completará y el fruto no estará fisiológicamente preparado para madurar.

Los órganos de almacenamiento típicos, no presentan variaciones fuertes de la tasa respiratoria, dado que su función biológica es simplemente acumular almidones para su uso posterior. Sin embargo, órganos como tubérculos (papa), rizomas (jengibre) o cormos (aráceas), que son capaces de reiniciar crecimiento vegetativo, pueden en cierto momento experimentar incrementos en respiración, igual puede suceder con ajo y cebolla, sin embargo, ese crecimiento es lineal y no recibe una clasificación especial, aún cuando debe considerarse a la hora de estimar la vida útil de esos productos.

Las hortalizas que se consumen como hojas o partes de hojas (lechuga, espinaca, culantro, berros, helechos, follajes ornamentales) no sufren, en general variaciones respiratorias y simplemente sufren envejecimiento y eventualmente muerte de los tejidos.

El origen de un tejido en la planta gobierna en gran medida su comportamiento poscosecha, como se ha mencionado con anterioridad, el comportamiento respiratorio de los diferentes órganos puede variar en una misma planta (Figura 2 y 3). Esas diferencias deben ser tomadas en cuenta a la hora de diseñar un sistema de manejo poscosecha para un determinado cultivo.



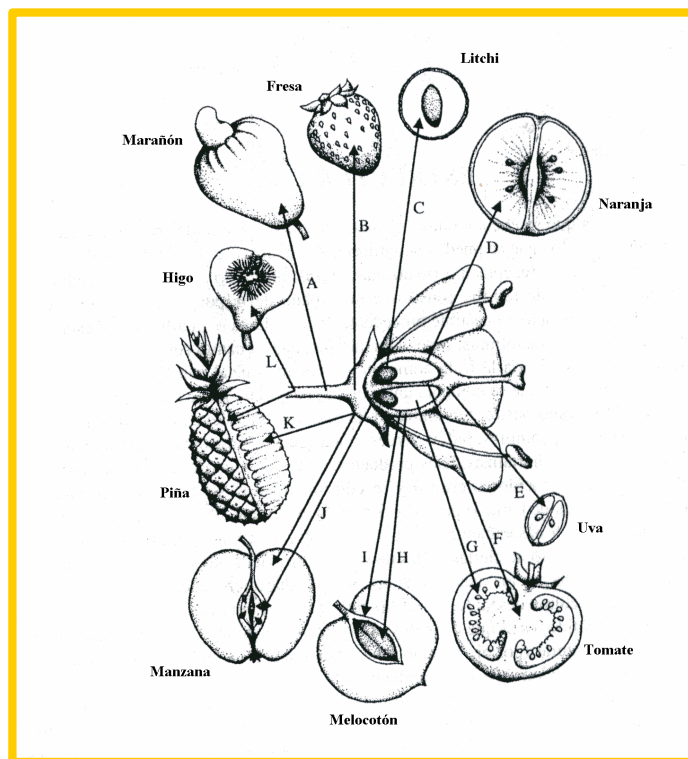
**Figura 2. Procedencia, de acuerdo al tipo de tejido, de algunas hortalizas comunes.**

Las letras indican el tejido de origen de cada uno de los órganos que originan el producto comerciable y se distinguen de la siguiente manera: (A) yema floral, (B) brote del tallo, (C) semillas, (D) yema axilar, (E) pecíolo, (F) bulbo, (G) tubérculo del tallo, (H) raíz, (I) tubérculo de la raíz, (J) hipocótilo hinchado, (K) base hinchada de la hoja, (L) limbo de la hoja, (M) fruto, (N) inflorescencia, (O) yema principal (Tomado de Wills *et al* 1998).

### Alteraciones producidas por la operación de cosecha

Al momento de cosecha de un producto cualquiera, se le está separando de la planta madre, es decir, ese producto pierde toda posibilidad de recibir de la planta madre nuevas aportaciones de carbohidratos, es incapaz de reponer el agua perdida y por supuesto escapa de la influencia de tipo hormonal a que estaría sometido si aún permaneciera en la planta.

En adición a esos cambios, la cosecha implica la producción de una herida, exactamente en el punto donde el producto estaba adherido a la planta madre. Como en todo organismo vivo, una herida trae consecuencias si no se trata adecuadamente.



**Figura 3. Tejidos de procedencia de algunas frutas.**

Las letras indican la porción de tejido frutal que representa cada uno de los frutos ilustrados. (A) pedicelo, (B) receptáculo, (C) arilo, (D) tejido intralocular, (E) pericarpo, (F) septum, (G) tejido intralocular placentario (H) mesocarpo, (I) carpelos, (J) tejidos accesorios, (K) pedúnculo. (Tomado de Wills *et al* 1998).

Es con este nuevo estado del producto con el que debemos tratar de alcanzar un mercado. Es este producto lesionado, separado de las fuentes de energía y agua, al que debemos tratar de alargar su período de vida útil. Sin embargo, antes de entrar en el manejo del producto debemos revisar algunos aspectos de fisiología del desarrollo, que constituyen la serie de eventos que conducen en definitiva a que un producto esté en estado de cosecha.

### **Cambios asociados con el proceso de maduración**

Los cambios asociados con el proceso de maduración varían según el tipo de fruto y el patrón de maduración de que se trate, usualmente, durante el proceso de maduración ocurren cambios



en todos los aspectos relacionados con los parámetros de calidad normalmente asociados a un producto: cambios de composición, cambios en la apariencia (color, forma, etc), cambios en el aroma del producto, cambios en su resistencia mecánica, cambios en su susceptibilidad a enfermedades, cambios en su comportamiento respiratorio, etc. Tal vez la forma más fácil de resumir esos cambios es en una manera esquemática. El cuadro 1 muestra los principales cambios ocurridos en una fruta de tipo climatérico durante la maduración y algunas de las causas de esos cambios.

Los cambios en coloración ocurren por una combinación de diferentes factores: primero, al avanzar la maduración, las enzimas encargadas de la degradación de la clorofila se incrementan y la tasa de destrucción de la clorofila se incrementa. Segundo, los pigmentos amarillos, que han permanecido enmascarados por la clorofila (usualmente en concentraciones cientos de veces superiores) se hacen más evidentes. Tercero, estimulados por la luz y condiciones fisiológicas, los pigmentos rojos se producen en mayores cantidades, especialmente en las zonas del fruto expuestas a la luz. Es común, por ejemplo, que la cara expuesta de un fruto de mango sea totalmente roja al alcanzar la madurez de consumo, mientras que la cara oculta muestra predominancia de otros colores naranja y amarillo.

Los cambios en composición se deben a múltiples factores. Los cambios asociados con la maduración requieren, en general, cantidades crecientes de energía, con la idea de tener fuentes de carbohidratos más fácilmente disponibles, se degradan los almidones, por acción de enzimas amilolíticas, en azúcares simples (fructosa, glucosa, dextrosa, sacarosa, manosa, etc) que son fácilmente degradables a través del ciclo de Krebs o ciclo respiratorio.

La disminución en acidez está asociada a un desgaste del ciclo de Krebs, donde diferentes ácidos orgánicos (cítrico, málico, ascórbico, pirúvico, etc) participan en la degradación de azúcares para la obtención de energía. Al desgastarse el sistema, los ácidos son degradados y se reduce la acidez. Los taninos y los fenoles son compuestos de protección, usualmente se hallan en cantidades altas en frutos en desarrollo. El fin biológico de estos compuestos es evitar que el fruto sea dañado antes de alcanzar la madurez necesaria para que la semilla pueda germinar normalmente (madurez fisiológica). Al ser necesario que algún organismo participe en la

dispersión de las semillas, esos compuestos disminuyen para hacer la fruta más agradable en cuanto a sabor.

Los compuestos volátiles atractivos a ciertos animales e insectos, se incrementan, en algunos casos por simple liberación de ellos al ocurrir cambios en la acidez del fruto, en otros casos por síntesis de nuevos compuestos. En general, los compuestos volátiles de un fruto son característicos e irrepetibles en otro fruto de la misma especie pero de diferente variedad.

**Cuadro 1. Cambios más importantes ocurridos durante la maduración de frutos**

| Tipo de cambio observado     | Comportamiento | Causas                                                                             |
|------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Cambios de color             |                |                                                                                    |
| • Clorofila (verdes)         | ?              | Degradación                                                                        |
| • Antocianinas (rojos)       | ?              | Síntesis                                                                           |
| • Carotenos (amarillos)      | =              | Desenmascarados                                                                    |
| Cambios de composición       |                |                                                                                    |
| • Azúcares,                  | ?              | Degradación                                                                        |
| • almidón                    | ?              | Hidrólisis                                                                         |
| • Ácido                      | ?              | Degradación ácidos                                                                 |
| • Taninos                    | ?              | Degradación                                                                        |
| • Fenoles                    | ?              | Degradación                                                                        |
| • Volátiles                  | ?              | Liberación-síntesis                                                                |
| • Celulosa                   | ?              | Degradación-transformación                                                         |
| • Pectinas                   | ?              | Degradación                                                                        |
| Cambios de textura           |                |                                                                                    |
| • Rigidez                    | ?              | Degradación pared celular                                                          |
| • Firmeza                    | ?              | Degradación pectinas                                                               |
| • Fibrosidad                 | ?              | Lignificación                                                                      |
| • Jugocidad                  | ?              | Sólidos disminuyen                                                                 |
| Cambios fisiológicos         |                |                                                                                    |
| • Respiración                | ?              | Necesidad energía                                                                  |
| • Producción de etileno      | ?              | Estímulo a maduración                                                              |
| • Deshidratación             | ?              | -integridad cáscara                                                                |
| • Oxidación                  | ?              | Permeabilidad gases                                                                |
| Cambios patológicos          |                |                                                                                    |
| • Resistencia a enfermedades | ?              | Aumento azúcares<br>Disminuyen:<br>• fitoalexinas<br>• taninos<br>Tejidos + suaves |

Con la idea de hacer más apetecible el fruto y facilitar la liberación de las semillas, las paredes celulares se debilitan, para que el fruto sea más suave. El mecanismo por el cual esto ocurre es sumamente complejo.

Varias enzimas actúan sobre las pectinas, que son cadenas largas de azúcares, que sirven de cementante o unión entre células (lámina media) y que mantienen unidas las fibrillas de celulosa en la pared celular. El principal grupo de enzimas que participan en la degradación de la pared celular son las poligalacturonasas (PG). También, en algunos frutos como el aguacate, las celulasas son importantes.

Teorías recientes suponen que transformaciones de composición de las pectinas y celulosas pueden ser responsables del ensuavecimiento en frutos no climatéricos como la fresa, donde no existe un incremento en la producción de poligalacturonasas al iniciarse la maduración.

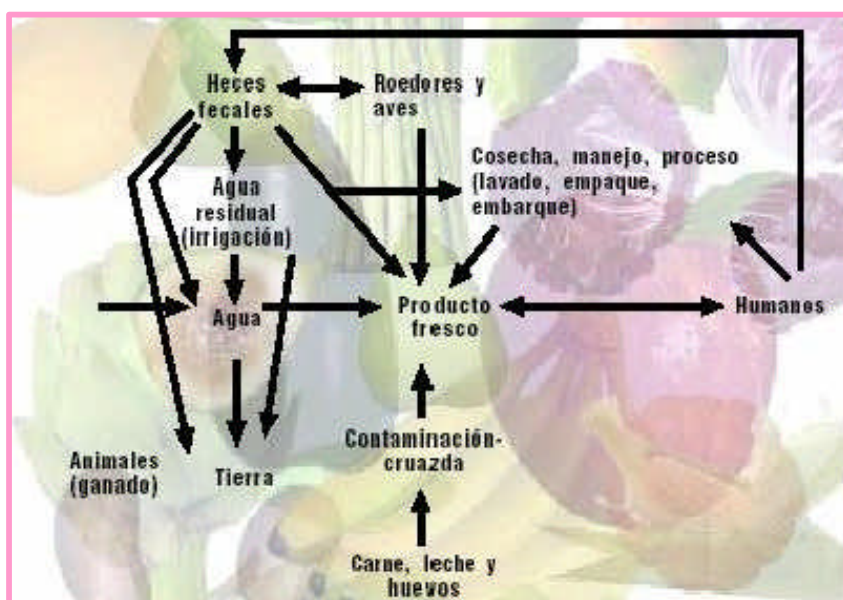
Cambios en la tasa respiratoria, especialmente en frutos climatéricos, son en parte debidos a la necesidad de energía para sintetizar las enzimas responsables de la mayoría de los cambios asociados a la maduración. Usualmente la respiración se incrementa al iniciarse el proceso de maduración. Este incremento es, inducido por incrementos en la producción de etileno inmediatamente antes del inicio de maduración.

El etileno, una hormona vegetal, se supone ser el responsable, o al menos el detonador, de la mayoría de los cambios asociados a maduración (existe abundante información acerca de sus efectos), por lo que merece capítulo aparte en la discusión de fisiología poscosecha.

Eventualmente, el debilitamiento de la pared celular, la mayor disponibilidad de azúcares simples, cambios en la anatomía de la cáscara, disminución de taninos y fenoles, conllevan a una disminución de la resistencia del producto al ataque de plagas y enfermedades. Por ejemplo, es difícil observar un fruto de papaya realmente enfermo cuando está verde, pero basta que entre en el proceso de maduración para que las enfermedades provoquen hasta un 45% de pérdidas poscosecha en ese fruto.

### 3. CONSIDERACIONES SOBRE INOCUIDAD DE ALIMENTOS

De acuerdo al modelo general de contaminación (Figura 4), las fuentes de contaminación están presentes en prácticamente todas las operaciones agrícolas, obviamente esto puede llevar a una situación extrema de preocupación entre los productores. Por supuesto esa preocupación es real, pero un análisis racional de cada situación puede ayudar a reducir la preocupación y a establecer prácticas de control de riesgos lógicas, económicamente eficientes y efectivas.



**Figura 4. Modelo general de contaminación**

#### Arquitectura de la planta y riesgos de inocuidad

El riesgo de contaminación en el campo de una fruta u hortaliza está fuertemente asociado a la estructura de la planta y a las prácticas agrícolas a las que se somete, veamos:

#### Altura de la planta

Una planta de porte bajo (lechuga, repollo, culantro, espinaca, etc), esta sometida a muchas más fuentes de contaminación debido a su cercanía al suelo, así puede ser afectada por la presencia de animales en la finca, salpique de suelo, contaminación por aguas de riego, babosas, etc. Por el contrario, en un árbol frutal las posibilidades de contacto del fruto con el suelo durante la fase de cultivo son muy bajas, difícilmente animales domésticos entrarán en contacto con la fruta, el

salpique de tierra es prácticamente inexistente, se pueden diseñar sistemas de riego relativamente económicos que no toquen al fruto, etc.

### **Tipo de parte comestible y su estructura**

Los órganos subterráneos (papa, camote, zanahoria, rábano, etc) no poseen una cubierta impermeable que limite la penetración de patógenos, por el contrario, la cubierta de casi todas las frutas poseen una cáscara gruesa y con capas de ceras que pueden limitar la penetración de patógenos hacia capas interiores del producto. En ambos casos se trata de productos con una baja superficie de exposición en relación al peso o volumen del producto, lo que favorece la desinfección superficial. Por el contrario, hortalizas de hoja o flor como lechuga, coliflor, brócoli, tienen estructura compleja, con múltiples lugares donde la contaminación puede alojarse y que son de acceso difícil para las operaciones de lavado superficial.

Productos con cáscaras rugosas y porosas (raíces y tubérculos tropicales, melones cantaloupe, etc), poseen capas de tejidos capaces de absorber agua y contaminantes y se requiere de sistemas de desinfección más agresivos para lograr eliminar patógenos causantes de enfermedades. Así pues, la estrategia de desinfección debe diseñarse tomando en cuenta la naturaleza del producto, esa naturaleza tendrá una influencia fuerte en la dosificación y tiempo de exposición del desinfectante seleccionado.

### **Estado de desarrollo o maduración**

En general, los organismos causantes de enfermedades humanas no prosperan rápidamente sobre la superficie de frutas y hortalizas, a menos que encuentren una fuente de humedad y nutrimentos fácilmente disponible. En general, frutos inmaduros presentan un ambiente más hostil para el desarrollo de estos patógenos, mientras que frutos en estados más avanzados de maduración podrían ser un mejor sustrato para la supervivencia de esos patógenos. Por otro lado, frutos más maduros aumentan el contenido de jugos libres en la pulpa, esos jugos libres puede ser una excelente fuente de agua y nutrientes para los patógenos, que podrían alcanzar el interior de la fruta a través de heridas de cosecha, por eso es importante que las herramientas de cosecha y las manos de los operarios estén limpias al momento de remover la fruta de la planta.

## 4. PRODUCTOS ESPECÍFICOS

### 4.1 MELONES

**Melones tipo Honey Dew:** Adaptado de Product Facts University of California, Davis.

<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Gotademiel.shtml>



Los melones Honeydew pertenecen al grupo *Cucumis melo* L. *Inodorus*, el cual incluye también melones Crenshaw, Casaba y otros.

#### Índices de cosecha

Los melones Honeydew se cosechan por madurez y no por tamaño. La madurez es difícil de juzgar debido a que en esta fruta no se presenta un proceso de abscisión claro (desprendimiento o separación de la fruta de la planta). Los grados de madurez se agrupan principalmente, en base a cambios en el color de "fondo" (el color general de la piel o cáscara, no sus tintes verdosos o amarillentos) de la fruta, el cual pasa de verdoso a crema con algunos tintes amarillos. En Costa Rica, se emplea muestreo de grados brix como indicativo de cosecha, estableciéndose mínimos por variedad y país pero siempre con 9-10 Brix como mínimo.

#### Grados de madurez comercial

1. **Maduro fisiológicamente, inmaduro para consumo (sazón pero no maduro):**  
Color de fondo blanco con tintes verdosos, sin aroma característico, piel vellosa y todavía no cerosa. La norma de California establece como índice de cosecha legal un mínimo de 10% de sólidos solubles totales (10° Brix).

2. **Maduro fisiológicamente y en proceso de maduración de consumo:** Color de fondo blanco con trazas de tintes verdes, piel ligeramente cerosa, punta floral firme que no cede bajo presión manual, ligero aroma o sin aroma. Comercialmente, es el estado de madurez preferido.
3. **Maduro (con madurez de consumo):** Color de fondo blanco cremoso con tintes amarillos, piel claramente cerosa, aroma característico notable, la punta floral cede ligeramente a la presión manual.

### Índices de calidad

Bien formados, de apariencia casi esférica y uniforme. Ausencia de cicatrices o defectos de superficie, sin evidencias de magulladuras, pesado para su tamaño, superficie cerosa y no vellosa.

Los grados de calidad en los Estados Unidos son No. 1, Comercial (Comercial) y No. 2. La distinción entre grados se basa principalmente en la apariencia externa. La clasificación por tamaño se basa en el número de frutos que caben en una caja, generalmente 4 ó 5, y ocasionalmente 6 melones por cartón. La apariencia de alta calidad se conserva, en parte, mediante divisiones internas en el envase que protegen a los melones de magulladuras, compresión y otros deterioros.

### Temperatura óptima

La vida de almacenamiento es normalmente de 12-15 días a 7°C (45°F), pudiéndose extender hasta 21 días y la temperatura varía de 7° - 10°C ( 45°- 50°F ).

Las temperaturas de almacenamiento y embarque óptimas reportadas por fuentes autorizadas varían. La mayoría de las recomendaciones coinciden en 7°C (45°F) y 85-90% HR como las condiciones óptimas de manejo. En general, si los melones tienen madurez de consumo o se pretratan con etileno a 100 ppm por 24 horas, las recomendaciones comerciales para el embarque o el almacenamiento de corto plazo se encuentran a menudo en el intervalo de 2.5 - 5°C (36.5 - 41°F). Los períodos prolongados a estas temperaturas inducen daño por frío, el cual se evidencia rápidamente cuando las frutas se transfieren a las temperaturas presentes en los exhibidores de venta al detalle.

### Humedad relativa óptima

85-90 % ; la humedad relativa alta es esencial para prevenir la desecación y la pérdida de brillo de las frutas. Los períodos prolongados a humedades más altas o la condensación pueden acentuar el crecimiento de moho superficial.

### Tasa de respiración

| Temperatura              | 0°C<br>(32°F) | 5°C<br>(41°F) | 10°C<br>(50°F) | 15°C<br>(59°F) | 20°C<br>(68°F) | 25°C<br>(77°F) |
|--------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| mL CO <sub>2</sub> /kg·h | NR            | 3 - 5         | 7 - 9          | 12 - 16        | 20 - 27        | 20 - 35        |

### Tasa de producción de etileno

|                  | Grado de Madurez | µL / kg·h a 20°C (68°F) |
|------------------|------------------|-------------------------|
| Fruta intacta    | 1                | ,5-1,0                  |
|                  | 2                | 1,0-7,5                 |
|                  | 3                | 7,5-10                  |
| Fruta precortada | 2                | 14-17 a 5°C (41°F)      |
|                  | 3                | 21-25 a 5°C (41°F)      |

### Efectos del etileno

La aplicación de etileno a 100-150 ppm por 18-24 h a 20°C (68°F) se ha utilizado para inducir la maduración de consumo de los melones Honeydew fisiológicamente maduros. Las frutas inmaduras fisiológicamente no se ablandan ni desarrollan una calidad sensorial característica aún con el tratamiento de etileno. Actualmente, la maduración con etileno no es una práctica comercial en la industria californiana del melón Honeydew.

### Desordenes fisiológicos

El daño por frío (chilling injury) normalmente ocurre después del almacenamiento a temperaturas menores a 7°C (45°F) por algunos días. La sensibilidad al daño por frío disminuye a medida que la madurez fisiológica o la de consumo aumentan. Los síntomas del daño por frío



incluyen picado, coloraciones pardo-rojizas, incapacidad para madurar normalmente, sabores desagradables y mayor incidencia de pudriciones en la superficie.

### **Consideraciones especiales**

El enfriamiento rápido por aire forzado inmediatamente después de la cosecha es indispensable, particularmente si las temperaturas de la pulpa en la cosecha exceden 27°C (80°F). El punto final del enfriamiento depende de la maduración deseada en tránsito y de la capacidad de refrigeración del vehículo.

### **Melones tipo Cantaloupe**

<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/MelonCantaloupe.shtml>

### **Recolección**

Los melones Cantaloupe se cosechan por madurez y no por tamaño. Idealmente, la madurez comercial corresponde al estado firme-maduro o "3/4 desprendido", que se identifica cuando al cortar la fruta suavemente, ésta se desprende de la planta. Los melones Cantaloupe maduran después de la cosecha, pero su contenido de azúcar no aumenta.

El color externo de los frutos en estado "3/4 desprendido" varía entre cultivares, pudiendo caracterizarse por la presencia de tintes verdosos. El color de la piel en estos cultivares es típicamente gris a verde opaco cuando el fruto no tiene madurez comercial, verde oscuro uniforme en madurez comercial y amarillo claro en plena madurez de consumo.

Otro indicador de la madurez comercial apropiada, es la presencia de una red bien formada y realizada en la superficie de la fruta.

### **Grados de madurez comercial**

- Maduro fisiológicamente, inmaduro para consumo: color de fondo blanco con tintes verdosos, sin aroma característico, piel vellosa y todavía no cerosa. La norma de California establece como índice de cosecha legal un mínimo de 10% de sólidos solubles totales (10°Brix).
- Maduro fisiológicamente y en proceso de maduración de consumo: color de fondo blanco con trazas de tintes verdes, piel ligeramente cerosa, punta floral firme que no

cede bajo presión manual, ligero aroma o sin aroma. Comercialmente, es el estado de madurez preferido.

- **Maduro** (con madurez de consumo): color de fondo blanco cremoso con tintes amarillos, piel claramente cerosa, aroma característico notable, la punta floral cede ligeramente a la presión manual.

## **Postcosecha**



**Calidad:** bien formados, casi esféricos y de apariencia uniforme. Cicatriz del pedúnculo lisa, sin adherencias de tallo (tallo-unido) que sugiera cosecha prematura. Ausencia de cicatrices, quemaduras de sol o defectos de superficie. Firme, sin evidencias de magulladuras o deterioro excesivo. Se ve pesado para su tamaño y con la cavidad interna firme, sin semillas sueltas o acumulación de líquido.

La distinción entre grados de calidad se basa principalmente en la apariencia externa y en el contenido de sólidos solubles. Con un mínimo de 11% de sólidos solubles se consideran de "muy buena calidad interna" y 9% "buena calidad interna". Un refractómetro calibrado que mida °Brix se acepta como instrumento para la determinación estándar de los sólidos solubles.

**Temperatura óptima:** 2,2 - 5°C. La vida de almacenamiento es hasta de 21 días a 2,2°C, pero la calidad sensorial puede reducirse. Generalmente, se pueden esperar de 12 a 15 días como vida postcosecha normal dentro del intervalo óptimo de temperatura. En ocasiones, durante el almacenamiento de corto plazo o el transporte, se aplican temperaturas inferiores, fuera de este intervalo, pero pueden dar lugar a daño por frío después de algunos días.

**Humedad relativa óptima:** 90-95%; la humedad relativa alta es esencial para maximizar la calidad postcosecha y prevenir la desecación. La pérdida de agua puede ser significativa a través de las áreas dañadas o maltratadas de la redcilla del fruto. Los períodos prolongados en humedades superiores al intervalo óptimo o la condensación puede estimular el crecimiento de mohos en la superficie o en la cicatriz del pedúnculo.

#### **Tasa de respiración:**

| <b>Temperatura</b>             | <b>0°C</b>          | <b>5°C</b> | <b>10°C</b> | <b>15°C</b> | <b>20°C</b> | <b>25°C</b> |
|--------------------------------|---------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>mL CO<sub>2</sub>/kg·hr</b> | 2 - 3 <sup>NR</sup> | 4 - 5      | 7 - 8       | 17 - 20     | 23 - 33     | 65 - 71     |

#### **Tasa de producción de etileno:**

- Fruta intacta 40 - 80µL / kg·hr a 20°C.
- Producto precortado 7-10µL / kg·hr a 5°C.

**Efectos del etileno:** los melones Cantaloupe son moderadamente sensibles al etileno presente en el ambiente por lo que la sobremaduración puede ser un problema durante su distribución y almacenamiento de corto plazo.

**Efectos de las atmósferas controladas (A.C.):** el almacenamiento o el transporte en AC, solamente ofrece beneficios moderados en la mayoría de las condiciones. En períodos prolongados de tránsito (14-21 días) se reportan los siguientes efectos benéficos de las AC en los melones Cantaloupe: retraso de la maduración, disminución de la respiración y de la pérdida asociada de azúcares e inhibición de las pudriciones y de los mohos de la superficie. Las condiciones más aceptadas son 3% O<sub>2</sub> y 10% CO<sub>2</sub> a 3°C. Las concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub>

(10-20%) son toleradas, pero producen efervescencia en la pulpa. Este sabor carbonatado se pierde cuando la fruta se transfiere al aire.

Las bajas concentraciones de  $O_2$  (<1%) o altas de  $CO_2$  (> 20%) alteran la maduración y causan sabores y olores desagradables y otros defectos.

**Desórdenes fisiológicos:** el daño por frío (chilling injury) comúnmente ocurre después del almacenamiento a temperaturas inferiores a 2°C durante algunos días. La sensibilidad al daño por frío disminuye a medida que la madurez fisiológica o la de consumo aumentan. Los síntomas del daño por frío incluyen picado o depresiones superficiales, incapacidad para madurar normalmente, sabores desagradables y mayor incidencia de pudriciones en la superficie.

**Consideraciones especiales:** el rápido enfriamiento inmediatamente después de la cosecha es esencial para conservar una calidad óptima postcosecha. El punto final del enfriamiento es comúnmente 10°C pero 4°C es más deseable. El enfriamiento con aire forzado es la práctica más común, aunque el hidroenfriamiento también se utiliza.



## 4.2 MANGO

**Mango:** Adaptado de Product fact. Universidad de California, Davis.

<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Mango.shtml>

### Índices de cosecha

- Cambio de la forma de la fruta (llenado de los hombros).
- Cambio del color de la piel del verde oscuro al verde claro y al amarillo (en algunos cultivares). El color rojo de la piel de algunas variedades no es un buen indicador de su madurez de corte.
- Cambio del color de la pulpa del amarillo verdoso al amarillo o al anaranjado, dependiendo de los cultivares.

### Índices de calidad

- Uniformidad de forma y tamaño; color de la piel (dependiendo del cultivar) y firmeza de la pulpa.
- Ausencia de pudriciones y defectos, incluyendo quemaduras de sol, quemaduras por látex, abrasiones de la piel, ahuecamiento de la zona próxima a la cicatriz del pedúnculo (véase el apartado de Fisiopatías, Physiological Disorders), escaldado por agua caliente, daño por frío y daño por insectos.
- Los cambios asociados con la maduración incluyen la conversión del almidón a azúcar (aumento de dulzura), disminución de la acidez y aumento de carotenoides y compuestos aromáticos.
- Los diversos cultivares muestran grandes diferencias en cuanto a cualidades del sabor (grado de dulzura, grado de acidez, intensidad y cualidad del aroma) y textura (contenido de fibra).

### Temperatura óptima

13°C (55°F) para mangos en el estado verde maduro (con madurez de corte o fisiológica).

10°C (50°F) para frutas con parcial o completa madurez de consumo

### Humedad relativa óptima

90-95%

### Tasa de respiración

| Temperatura              | 10°C(50°F) | 13°C(55°F) | 15°C(59°F) | 20°C(68°F) |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|
| mL CO <sub>2</sub> /kg•h | 12-16      | 15-22      | 19-28      | 35-80      |

Para calcular el calor producido multiplique mL CO<sub>2</sub>/kg h por 440 para obtener Btu/ton/día o por 122 para obtener kcal/ton métrica/día.

### Tasa de producción de etileno

| Temperatura                           | 10°C(50°F) | 13°C(55°F) | 15°C(59°F) | 20°C(68°F) |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| uLC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /kg·h | 0,1-0,5    | 0,2-1,0    | 0,3-4,0    | 0,5-8,0    |

### Efectos del etileno

La exposición a 100 ppm de etileno por 12 a 24 horas a 20-22°C (68 a 72°F) y 90-95% de humedad relativa produce una maduración más acelerada (5-9 días) y uniforme de la fruta, dependiendo del cultivar y del estado de madurez. La concentración de bióxido de carbono en los cuartos de maduración debe mantenerse a concentraciones inferiores al 1%.

### Efectos de las atmósferas controladas (AC)

AC óptima: 3-5% O<sub>2</sub> y 5-8% CO<sub>2</sub>.

La AC retrasa la maduración y reduce la respiración y la tasa de producción de etileno. Vida potencial postcosecha a 13°C (55°F): 2-4 semanas en aire, 3-6 semanas en AC, dependiendo del cultivar y del estado de madurez. La exposición a menos del 2% O<sub>2</sub> y/o a más del 8% CO<sub>2</sub> puede inducir alteración del color de la piel, pulpa grisácea y sabor desagradable.

### Desórdenes fisiológicos y daños físicos

- Quemadura por látex (sapburn). Color pardo-negro a negro de la piel debido al daño químico y fisiológico del exudado que emana al cortar el pedúnculo.
- Abrasiones de la piel. Las abrasiones debidas al roce entre frutas o contra superficies rugosas produce cambios de color de la piel y una pérdida acelerada de agua.
- Daño por frío (chilling injury). Los síntomas incluyen maduración heterogénea, desarrollo pobre de color y sabor, picado de la superficie, color grisáceo de la piel parecido al escaldado, aumento de la susceptibilidad a las pudriciones y, en casos severos, pardeamiento de la pulpa. La incidencia y severidad de esta fisiopatía

dependen del cultivar, estado de madurez (los mangos más maduros son menos susceptibles) y de la temperatura y duración de la exposición.

- Daño por calor (heat injury). La exposición a temperaturas superiores a 30°C (86°F) por períodos mayores a 10 días provoca maduración heterogénea, moteado de la piel y sabor intenso. Cuando se excede el tiempo y/o la temperatura recomendados para el control de insectos y/o pudriciones se presentan también daños por calor (escaldado de la piel, moteado y maduración heterogénea); por ejemplo, en el tratamiento diseñado para el control de insectos, cuando la fruta se sumerge por más del tiempo recomendado (65-90 minutos, dependiendo del tamaño del mango) o el agua esta a más de 46.4°C (115.5°F), que es la temperatura recomendada.
- Descomposición interna de la pulpa (internal flesh breakdown), ahuecamiento de la zona próxima a la cicatriz del pedúnculo (stem-end cavity). Se caracteriza por la descomposición de la pulpa y el desarrollo de cavidades internas entre la semilla y el pedúnculo. Esta fisiopatía es más frecuente en mangos madurados en el árbol.
- Semilla gelatinosa (jelly-seed), maduración prematura (premature ripening).
- Desintegración de la pulpa que rodea a la semilla en forma de una masa gelatinosa.
- Punta blanda (soft-nose). Ablandamiento del tejido del ápice o punta floral. La pulpa luce sobremadura y puede alterar su color y volverse esponjosa. Esta fisiopatía puede estar relacionada con deficiencia de calcio.

### Tratamientos cuarentenarios

El mango de Costa Rica, al igual que el mango de casi toda América tropical es infestado por moscas de las frutas, particularmente por mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata*) y por moscas de las frutas del género *Anastrepha*. Ambos grupos de insectos son de importancia cuarentenaria para los Estados Unidos y deben ser combatidos de forma integral en la plantación, siguiendo protocolos que deben ser aprobados por APHIS.

La fruta debe ser sometida a un tratamiento de agua caliente o vapor caliente a una temperatura de 46,5 °C por un tiempo que variará de acuerdo al tamaño de la fruta. Solo aquella fruta que al ser inspeccionada no presenta daños o presencia de insectos podrá entrar a la planta empacadora y ser tratada con agua caliente.

Alternativamente, se ha estudiado y está aprobado el uso de irradiaciones para el combate de estos insectos en poscosecha con resultados muy buenos, tanto en eficacia de desinfestación como en retraso de la maduración de la fruta.

### 4.3 SANDÍA

Sandía: Adaptado de Universidad de California Davis

<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Sandia.shtm>

#### Índices de cosecha

Las sandías (*Citrullus lanatus* Thunb.) se cosechan en plena madurez de consumo ya que no desarrollan más color o incrementan sus azúcares una vez separadas de la planta. La mancha de suelo (la porción del fruto que descansa sobre la tierra) cambia de blanco pálido a amarillo cremoso en el estado apropiado de corte. Otro indicador de cosecha es el marchitamiento (no la desecación) del zarcillo más próximo al área de contacto entre la fruta y el pedúnculo.

Para juzgar la madurez de una población de sandías se utiliza el muestreo con destrucción de frutas. En los cultivares con semillas, la madurez se adquiere cuando desaparece la cubierta gelatinosa (arilo) que rodea a las semillas y la cubierta protectora de éstas se endurece. Los cultivares varían ampliamente en cuanto a sólidos solubles en la madurez. En general, un contenido de al menos 10% en la pulpa central del fruto es un indicador de madurez apropiada, si al mismo tiempo la pulpa está firme, crujiente y de buen color.

#### Índices de calidad

Los frutos deben ser simétricos y uniformes y la apariencia de la superficie cerosa y brillante. No deben presentar cicatrices, quemaduras de sol, abrasiones por el tránsito, áreas sucias u otros defectos de la superficie. Tampoco evidencias de magullamiento. Los grados de calidad en los Estados Unidos son Fino (Fancy), N°1 y N°2. La distinción entre grados se basa principalmente en la apariencia externa.

#### Temperatura óptima

10 - 15°C (50 - 59°F). Generalmente, la vida de almacenamiento es de 14 días a 15°C(59°F) y de hasta 21 días a 7-10°C (45-50°F).



Las condiciones comúnmente recomendadas y consideradas como prácticas aceptables de manejo para el almacenamiento de corto plazo o el transporte a mercados distantes (más de 7 días) son 7,2°C (45°F) y 85-90% HR. Sin embargo, a esta temperatura las sandías son propensas al daño por frío. Un período mayor a dicha temperatura induce esta fisiopatía, cuyos síntomas se vuelven evidentes rápidamente después de que las frutas se transfieren a las temperaturas de exhibición durante su venta al detalle.

Muchas sandías todavía se embarcan sin enfriamiento o sin refrigeración y se les mantiene así durante el tránsito. Estas frutas deben venderse rápidamente pues su calidad se reduce rápidamente en estas condiciones.

### **Humedad relativa óptima**

85-90 %; generalmente, se recomienda una humedad relativa alta para reducir la desecación y la pérdida de brillo.

### **Tasa de respiración**

| <b>Temperatura</b>             | <b>0°C<br/>(32°F)</b> | <b>5°C<br/>(41°F)</b> | <b>10°C<br/>(50°F)</b> | <b>15°C<br/>(59°F)</b> | <b>20°C<br/>(68°F)</b> | <b>25°C<br/>(77°F)</b> |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>mL CO<sub>2</sub>/ kg·h</b> | NR                    | 3-4                   | 6-9                    | ND                     | 17-25                  | ND                     |

NR - no recomendada debido al daño por frío

ND - no disponible

### **Tasa de producción de etileno**

Baja 0,1 – 1,0 µL / kg·h a 20°C ( 68°F)

### **Efectos del etileno**

La exposición a concentraciones de etileno tan bajas como 5 ppm por 7 días a 18°C (64°F ) provoca pérdida de firmeza y una calidad comestible inaceptable.

### **Efectos de las atmósferas controladas (AC)**

Las atmósferas controladas durante el almacenamiento o el embarque no ofrecen beneficios a las sandías.

## **Desórdenes fisiológicos**

### **Daño por frío (Chilling Injury)**

Generalmente ocurre después del almacenamiento por algunos días a temperaturas  $< 7^{\circ}\text{C}$  ( $45^{\circ}\text{F}$ ). Los síntomas incluyen picado, pérdida de color de la pulpa, pérdida de sabor, sabores desagradables y mayor incidencia de pudriciones cuando se les transfiere a temperatura ambiente.

### **Daños por deficiencia de calcio**

Usualmente las deficiencias de calcio severas pueden detectarse a nivel de campo como frutos con el extremo distal podrido o colapsado, lo que en Costa Rica se denomina popularmente como “culo negro”. Sin embargo deficiencias menos severas pueden provocar agrietamiento y cavitación de la pulpa, lo que redundara en pérdidas de calidad.

### **Senescencia prematura**

En presencia de etileno, la sandía puede entrar en proceso de senescencia o muerte de tejidos de manera prematura. Esto se evidencia como cambios de color en la pulpa (ligera oxidación), pérdida de jugosidad, aroma y sabor. La pulpa se desintegra y se siente harinosa al morder o masticarla.

### **Daño físico**

El manejo inapropiado y la carga de sandías a granel muy a menudo dan lugar a pérdidas considerables durante el tránsito por magulladuras y agrietamiento. La magulladura interna provoca descomposición prematura de la pulpa y una textura harinosa.

## **OBSERVACIONES FINALES**

- Como hemos mencionado, cada producto tiene sus propias características durante la fase poscosecha, para efectos didácticos se les agrupa de diversas maneras, pero es esencial que cada agricultor y cada profesional en ciencias agrícolas conozca a fondo la fisiología de los productos con que está trabajando. Ese conocimiento le proveerá con suficientes herramientas para solventar la mayoría de los problemas poscosecha que pudieran presentarse.
- Encontrarán que, en muchos productos tropicales, la información básica de tipo fisiológico simplemente no existe, eso nos pone en desventaja con cultivos de clima templado donde el conocimiento de estos aspectos es bastante más profundo. Sin embargo, los conceptos generales de fisiología poscosecha, unidos a un buen conocimiento de los aspectos agronómicos del cultivo y a un poco de sentido común, podrían ser suficientes para la toma de decisiones acertadas acerca de cómo manejar un producto hortícola en la fase poscosecha.
- El adecuado conocimiento del estado inicial de calidad del producto podría dar información útil sobre los posibles riesgos subsecuentes de contaminación del producto, en la siguiente parte de esta sesión veremos algunos métodos de análisis de calidad que podrían serles útiles.

## **LITERATURA CONSULTADA**

An, J.; Paull, R. 1990. Storage Temperature and Ethylene Influence on Ripening of Papaya Fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 115(6): 949-953.

Flores, V.1994. *La Planta: Estructura y función*. Editorial tecnológica de Costa Rica, Segunda Edición. Cartago, Costa Rica.

Kays, S.1997. *Postharvest physiology of perishable plant products*. Exon Press, Athens, Georgia, USA.

Lamúa, M. 2000. *Aplicación del frío a los alimentos*. Instituto del Frío de Madrid. Primera edición. Madrid, España.

Stevenson, K; Bernard, D. 1999. *HACCP Un enfoque sistemático hacia la seguridad de los alimentos*. Manual para el desarrollo e implementación de un plan de análisis de peligros y puntos críticos de control. The Food Processors Institute. Tercera edición, Washington D.C., USA.

Wills, R.; McGlasson; Graham, D.; y Joyce, D.1999. *Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales*. Traducido por Burgos, G., J. Editorial Acribia, S.A. España. 240 p.

## **ENFRIAMIENTO DE LAS FRUTAS Y VEGETALES FRESCOS: UNA ETAPA ESENCIAL PARA MANTENER LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS**

**Marta Montero Calderón, M.Sc.<sup>1</sup>**  
[mmontero@cariari.ucr.ac.cr](mailto:mmontero@cariari.ucr.ac.cr)

### **INTRODUCCIÓN**

El uso de bajas temperaturas para el manejo de los productos agrícolas frescos responde a la necesidad de mantener los atributos de calidad y extender su vida comercial para enfrentar sus problemas de estacionalidad y para alcanzar mercados más distantes.

De las operaciones poscosecha, el enfriamiento hasta la temperatura óptima de almacenamiento es la que tiene mayor incidencia sobre la conservación de la calidad de los productos agrícolas frescos y es la que sin duda permite que lleguen en buen estado hasta los mercados meta. Las operaciones de cosecha, manejo en campo, preparación y empaque de los productos, la selección y manejo cuidadoso de éstos y los tratamientos especiales de protección, son complementarias al enfriamiento y permiten aprovechar al máximo los beneficios del enfriamiento.

En este capítulo se discutirá al efecto del uso de bajas temperaturas (0 a 15°C) sobre la calidad de los productos frescos, las condiciones óptimas de almacenamiento, los métodos de enfriamiento y las variables que los afectan, la importancia de la cadena de frío desde la planta empacadora hasta el mercado meta y la exhibición en los puntos de venta.

### **1. EFECTO DEL ENFRIAMIENTO SOBRE LOS PROCESOS METABOLICOS**

Los productos agrícolas frescos continúan sus procesos vitales utilizando sus propias reservas, estos cambios involucran cambios químicos, pérdida de humedad, generación de calor de respiración y otros. Paralelo a ello, se da el desarrollo de microorganismos producto de la contaminación en el campo o malas prácticas durante el manejo, que pueden deteriorar la calidad de los productos y/o pueden tener efectos tóxicos en la salud de los consumidores.

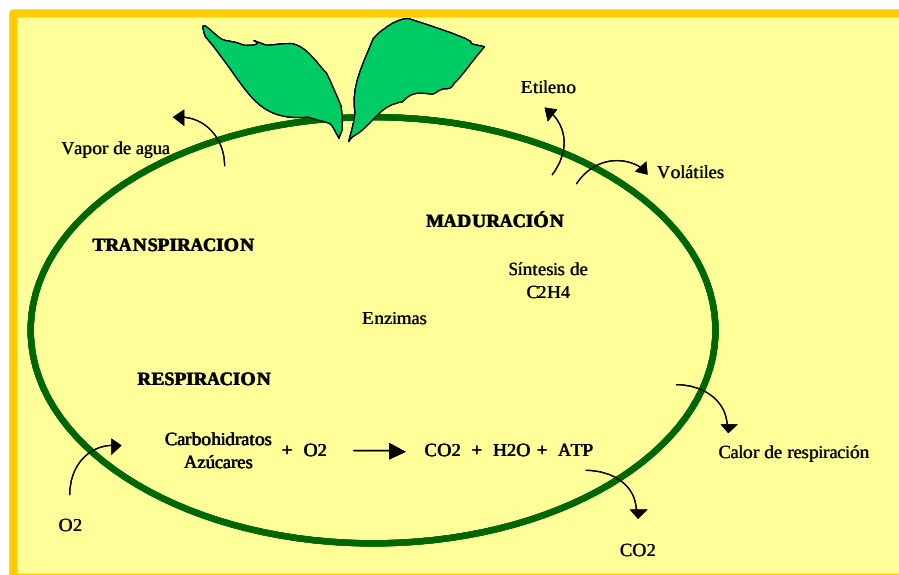
---

<sup>1</sup> Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas, Laboratorio de Tecnología Poscosecha y Escuela de Ingeniería Agrícola

Algunos de los procesos que ocurren dentro de los productos agrícolas frescos incluyen cambios de color (degradación de clorofila y/o síntesis de pigmentos), acumulación de azúcares solubles, cambios en la cantidad de ácidos orgánicos, solubilización de sustancias pécticas (ablandamiento), síntesis de etileno, respiración, transpiración y actividad enzimática. La figura 1 muestra los principales procesos que ocurren en los productos agrícolas frescos y el intercambio de gases y calor con el ambiente. Los productos cosechados consumen sus propias reservas y producen la energía necesaria para sus procesos metabólicos.

La temperatura tiene un efecto directo sobre todos los procesos metabólicos en los productos agrícolas frescos. En general, conforme se reduce la temperatura, la velocidad con que estos procesos ocurren disminuye, aunque hay que tomar en cuenta que existen límites inferiores de temperatura que cada producto tolera.

**Figura 1. Procesos metabólicos en los productos agrícolas frescos cosechados**



**Fuente: Alike y Zamorano, 2000**

Para muchos productos, el límite está a temperaturas ligeramente inferiores a 0°C (-1,5 a 0,5 °C), en que inicia la cristalización del agua y se produce la muerte metabólica de las células, provocando daños irreversibles. Para otros productos, muchos de ellos de origen tropical y

subtropical (piña, mango, anona, aguacate y otros), existe un límite de temperatura (superior al punto de congelación, entre 5 y 12°C) más abajo del cual sufren desórdenes fisiológicos conocidos como daños por frío, que alteran sus atributos sensoriales (color, sabor, textura), patrones de maduración y algunas veces se manifiestan como manchas y hundimientos en la superficie del producto y aumenta su susceptibilidad al ataque de microorganismos.

Tan pronto como los productos comienzan a enfriarse, la velocidad de transpiración, la transpiración, la maduración y las reacciones de deterioro de los procesos disminuye, y cuanto más se aproxime la temperatura óptima de almacenamiento para el producto, mayor será su efecto para conservar los atributos de calidad de este. De lo anterior se desprende la importancia de un buen control de la temperatura y del enfriamiento rápido de los productos frescos, para una mejor conservación de los mismos.

Además del enfriamiento de los productos a su temperatura óptima de manejo y almacenamiento, existen una serie de tratamientos complementarios que contribuyen a conservar la calidad de los productos frescos y prolongar su vida comercial.

Estos tratamientos incluyen:

- Procesos básicos: Acondicionamiento de las frutas y hortalizas frescas, el manejo cuidadoso a través de la cadena de comercialización, la eliminación de productos en mal estado
- Tratamientos químicos: Con calcio, fungicidas, retardadores de la maduración (1-MCP)
- Choques térmicos: Tratamientos a temperaturas entre 40 y 55°C por corto tiempo (1-3 min) para el control del desarrollo de hongos, retardar el ablandamiento y aumentar la tolerancia de los productos a bajas temperaturas (menor susceptibilidad al daño por frío).
- Bajas presiones (hipobárica): Al reducir la presión (50 – 100 mm Hg) se puede retrasar la maduración de algunos productos, por el descenso del nivel de O<sub>2</sub> y la eliminación del etileno (flores)
- Atmósferas modificadas y controladas

Seguidamente se describe el efecto de la temperatura sobre diversos procesos metabólicos:

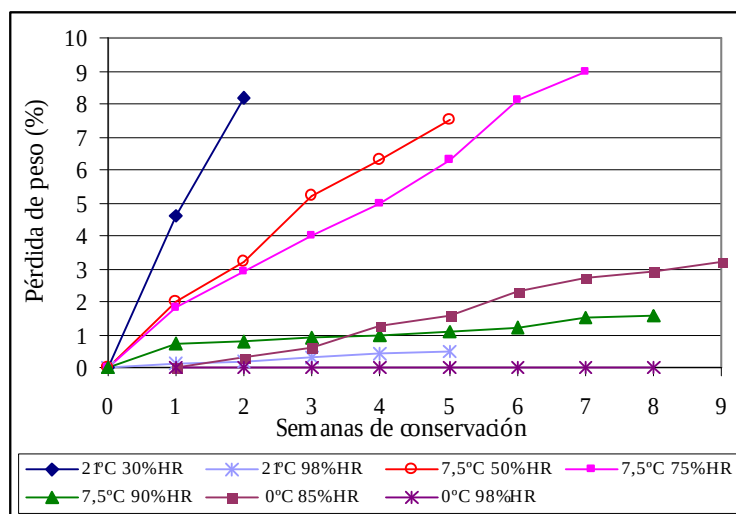
### Transpiración

Este es un proceso de difusión de agua en forma de vapor entre el producto y el ambiente, provocando pérdidas de humedad en el producto (pérdida de peso), que pueden afectar la apariencia de los productos rápidamente (cambios en la firmeza y turgencia del producto, formación de arrugas, pérdida de brillo y otros).

La velocidad con que un producto pierde agua, depende de la temperatura y de la diferencia entre las presiones de vapor del agua dentro y fuera del producto (humedad relativa dentro y fuera de la fruta). Cuando el producto se enfría rápidamente, la diferencia entre la presión de vapor dentro y fuera del producto también disminuye, con lo que la migración de agua del producto al ambiente disminuye.

En la figura 2 se aprecia que a mayor temperatura, la pérdida de peso es mayor durante el almacenamiento y a mayor humedad relativa en el ambiente, las pérdidas de humedad son también menores. De manera para controlar la transpiración de los productos agrícolas frescos, se debe enfriar el producto rápidamente y mantenerlo en ambientes de alta humedad relativa, según lo requiera cada producto (Cuadro 1).

**Figura 2. Efecto de la temperatura y la humedad relativa sobre la transpiración en manzanas Golden Delicious.**



Fuente: Alique y Zamorano, 2000



Cuadro 1. Recomendaciones para el almacenamiento y transporte de productos agrícolas frescos

| Producto                               | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%) | T mínima segura (°C) (1) | Temperatura de congelación (°C) | Producción de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (2) | Sensibilidad al C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (3) | O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> recomendado |
|----------------------------------------|------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Camote                                 | 13-15            | 85-90                | 12-13                    | -1,3                            | MB                                              | B                                                 |                                              |
| Chayote                                | 7                | 85-90                | 7                        |                                 |                                                 |                                                   | 2-3%O <sub>2</sub> , 2-3%CO <sub>2</sub>     |
| Jengibre                               | 12-14            | 65                   | 7, 12                    |                                 | MB                                              | B                                                 |                                              |
| Jícama                                 | 13-18            | 85-90                |                          |                                 | MB                                              | B                                                 |                                              |
| Malanga                                | 7                | 70-80                |                          |                                 | MB                                              | B                                                 |                                              |
| Mango 3/4 madurez                      | 12-13            | 85-90                | 12-13                    | -2,1                            | M                                               | M                                                 | 3-5%O <sub>2</sub> , 5-10%CO <sub>2</sub>    |
| Mango madurez avanzada                 | 10               | 85-90                | 10                       | -2,1                            | M                                               | M                                                 |                                              |
| Melón persa                            | 5-10             | 85-90                | 5                        | -0,8                            | M                                               | A                                                 | 3-5%O <sub>2</sub> , 10-15%CO <sub>2</sub>   |
| Melón Cantaloupe 3/4 maduro            | 2-5              | 95                   | 2                        | -1,2                            | A                                               | M                                                 | 3-5%O <sub>2</sub> , 10-15%CO <sub>2</sub>   |
| Melón Cantaloupe 4/4 maduro            | 0-2              | 95                   |                          | -1,2                            | A                                               | M                                                 | 3-5%O <sub>2</sub> , 10-15%CO <sub>2</sub>   |
| Melón Casaba                           | 7-10             | 85-90                | 7-10                     | -1,0                            | B                                               | B                                                 | 3-5%O <sub>2</sub> , 5-10%CO <sub>2</sub>    |
| Melón Honeydew                         | 5-10             | 85-90                | 5-10                     | -1,1                            | M                                               | A                                                 | 3-5%O <sub>2</sub> , 5-10%CO <sub>2</sub>    |
| Melón amargo                           | 10-12            | 85-90                |                          |                                 | B                                               | M                                                 |                                              |
| Melón Crenshaw                         | 7-10             | 85-90                | 7-10                     | -1,1                            | M                                               | A                                                 | 3-5%O <sub>2</sub> , 5-10%CO <sub>2</sub>    |
| Ñame (Yam)                             | 15               | 70-80                |                          | -1,1                            | MB                                              | B                                                 |                                              |
| Ocra                                   | 7-10             | 90-95                | 7 - 10                   | -1,8                            | B                                               | M                                                 | aire + 4-10%CO <sub>2</sub>                  |
| Papa                                   | 5-15             | 90-95                |                          | -0,8                            | MB                                              | M                                                 |                                              |
| Papaya                                 | 7-13             | 85-90                | 7                        | -0,9                            | A                                               | A                                                 | 2-5%O <sub>2</sub> , 5-8%CO <sub>2</sub>     |
| Pepino                                 | 10-12,5          | 85-90                | 7, 10                    | -0,5                            | B                                               | A                                                 | 3-5%O <sub>2</sub> , 0-5%CO <sub>2</sub>     |
| Piña                                   | 7-13             | 85-90                | 7-10                     | -1,1                            | B                                               | B                                                 | 2-5%O <sub>2</sub> , 5-10%CO <sub>2</sub>    |
| Rábano                                 | 0                | 95-100               |                          | -0,7                            | MB                                              | B                                                 | 1-2%O <sub>2</sub> , 2-5%CO <sub>2</sub>     |
| Rábano picante (horseradish)           | -1 a 0           | 98-100               |                          | -1,8                            | MB                                              | B                                                 | 1-2%O <sub>2</sub> , 2-3%CO <sub>2</sub>     |
| Sandía                                 | 10-15            | 90                   | 5, 10                    | -0,4                            | MB                                              | A                                                 |                                              |
| Taro                                   | 7-10             | 85-90                |                          | -0,9                            |                                                 |                                                   |                                              |
| Yuca                                   | 0-5              | 85-90                | 0-5                      |                                 | MB                                              | B                                                 |                                              |
| Zanahoria                              | 0-1              | 98-100               |                          | -1,4                            | MB                                              | A                                                 |                                              |
|                                        |                  |                      |                          |                                 |                                                 |                                                   |                                              |
| Plantas de follaje (Dracaenas y otras) | 15-18            | 85-90                | 10-13                    | de -3,0 a ,1,0                  |                                                 |                                                   |                                              |

1: Temperatura a la que pueden ocurrir daños por frío

2: Clasificación según la producción de etileno: MA (muy alta) >100 µl/kg/h; A (alta) de 10 a 100; M (moderada) de 1,0 a 10,0; B (baja) de 0,1 a 1,0; MB (muy baja) < 0,1 (Cantwell, 2001)

3: Sensibilidad al etileno: A alta, M moderada, B baja (Cantwell, 2001)

Fuentes: Cantwell, 2001; Boyette, 2000, Thompson et al, 2003.

La humedad relativa en el ambiente debe mantenerse alta para minimizar la pérdida de agua del producto. Generalmente se recomienda utilizar ambientes con humedad relativa entre 85 y 95%, porque el beneficio de utilizar mayores niveles de humedad es poco en comparación con los problemas que ocasiona el uso de ambientes con humedades cercanas al 100% (condensación en las paredes, techos, empaques y productos).

La pérdida de humedad en el producto también depende de la naturaleza y estructura del producto y la cáscara y su permeabilidad al intercambio gaseoso con el ambiente que lo rodea. Para mango se recomienda el uso de ambientes con humedad relativa entre 85 y 95%. Para los melones Honeydew también se requiere humedades relativas altas (85-90%) para evitar la desecación y pérdida de brillo. Si se utilizan humedades más altas por períodos prolongados de tiempo se puede favorecer el crecimiento de mohos en la superficie.

Los melones Cantaloupe requieren una mayor humedad relativa (90-95%) para prevenir las pérdidas de humedad, y deben evitarse ambientes con mayor humedad para almacenamiento prolongado, pues esto favorece el crecimiento de mohos y podredumbre en el pedúnculo.

En la sandía, la pérdida de humedad por el uso de ambientes de menos de 85-90% HR provoca deshidratación y pérdida de brillo. El camote también requiere una alta humedad relativa para el almacenamiento prolongado, pero cuando se almacena por poco tiempo se pueden utilizar ambientes con 70-90%HR.

Las raíces y tubérculos que son órganos de almacenamiento (principalmente carbohidratos) con tasas respiratorias bajas, continúan creciendo (raíces y brotes) después de la cosecha y tienen una vida útil relativamente larga, lo cual permite un almacenamiento prolongado. Algunos son más propensos a la pérdida de humedad (yuca, el camote, taro, ñame) pero otros pueden almacenarse sin problemas a condiciones entre 65 y 75% HR (jengibre, jícama).

Las Dracaena y otras plantas de follaje requieren entre 85 y 90% HR para minimizar la deshidratación durante el almacenamiento y transporte. La pérdida de agua por evapotranspiración de las plantas en maceta durante el transporte refrigerado, en condiciones de oscuridad tiende a ser bastante menor que bajo las condiciones de producción; sin embargo, si

se utilizan ambientes de baja humedad relativa y si se limita el agua disponible durante el transporte, se podría favorecer la deshidratación de las plantas.

Para que las plantas de follaje toleren mejor los cambios ambientales durante y después del transporte a mercados distantes, el productor debe someterlas a un proceso de aclimatación, para lo cual se reducen el nivel de fertilizantes usados, la temperatura y/o la luz y el agua durante 2 a 4 semanas antes del envío. Con este proceso las plantas responden mejor al almacenamiento sin luz durante el transporte, distribución en el mercado meta y la exhibición con poca luminosidad en los puntos de venta.

La recomendación general para las *Dracaena* durante el transporte (Conover, 1994) es que el medio no se sature con agua, sino que se envíe con el 50% de su capacidad, pues el exceso de agua parece limitar el oxígeno disponible para las raíces y esto parece favorecer la caída de hojas.

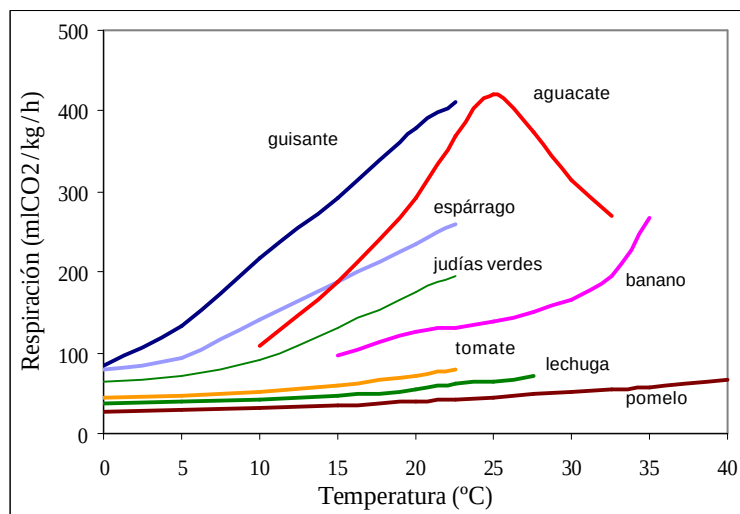
### **Respiración**

La respiración es un proceso oxidativo que suple la energía necesaria para los procesos vitales, utilizando carbohidratos de reserva de los productos y el oxígeno para producir dióxido de carbono, agua y energía (calor de respiración).

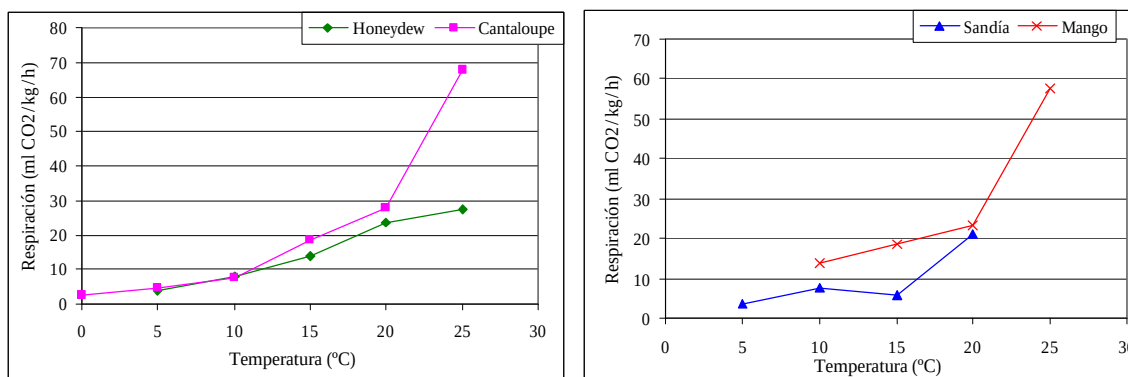
La reducción de la temperatura tiene un efecto exponencial en la reducción de la velocidad de respiración (2-3 veces por cada 10°C de reducción en la temperatura).

En la Figura 3 se muestra el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la tasa respiratoria de 8 productos. Se observa que el efecto de la temperatura sobre la respiración es diferente para cada producto, aunque en general la respiración aumenta al aumentar la temperatura (excepto para el aguacate).

La tasa respiratoria del aguacate, el espárrago, el banano y los guisantes aumenta considerablemente con la temperatura, mientras que el incremento es mucho menor para el tomate, la lechuga y el pomelo.

**Figura 3. Efecto de la temperatura sobre la tasa de respiración**

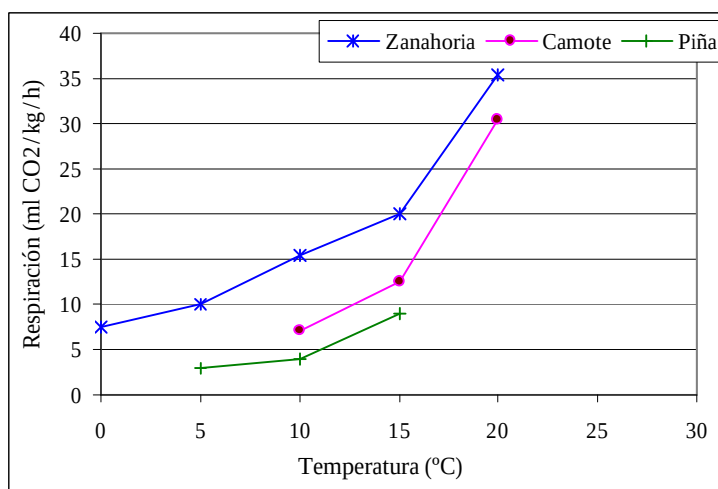
Fuente: Alique y Zamorano, 2000

**Figura 4. Efecto de la temperatura sobre la tasa de respiración de melones, sandía y mango**

La tasa de respiración promedio para melones, sandía y mango se muestra en la Figura 4 para el rango de temperaturas entre 0 y 25 °C. Al reducir la temperatura del melón Cantaloupe de 25 a 15 °C, la tasa respiratoria se reduce 3,5 veces. En el caso del melón Honeydew, la respiración se reduce a la mitad, para el mango se reduce a una tercera parte y ara la sandía no se cuenta con datos de respiración para temperaturas superiores a 20°C.

En la Figura 5 se muestra el efecto de la temperatura sobre la respiración de la piña, zanahoria y camote. Para estos productos también se puede observar que el incremento de la tasa

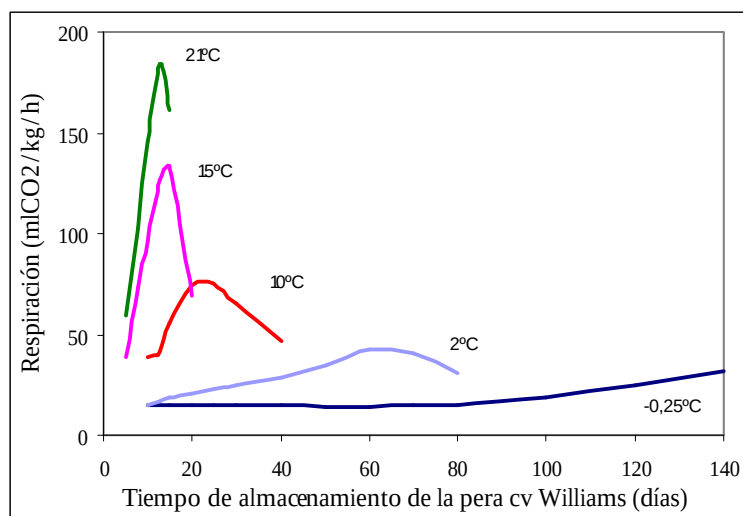
respiratoria con la temperatura es exponencial, aumenta de 2 a 3 veces al aumentar la temperatura de 10 a 20°C.



**Figura 5. Efecto de la temperatura sobre la tasa respiratoria de la zanahoria, camote y piña.**

La tasa respiratoria de los productos frescos puede variar durante el almacenamiento, especialmente para los frutos climatéricos. La figura 6 muestra las curvas de respiración durante el almacenamiento de peras cv Williams para diferentes temperaturas. Se observa que conforme se reduce la temperatura, la tasa respiratoria disminuye, los picos máximos se reducen y la senescencia se retarda (período después del pico).

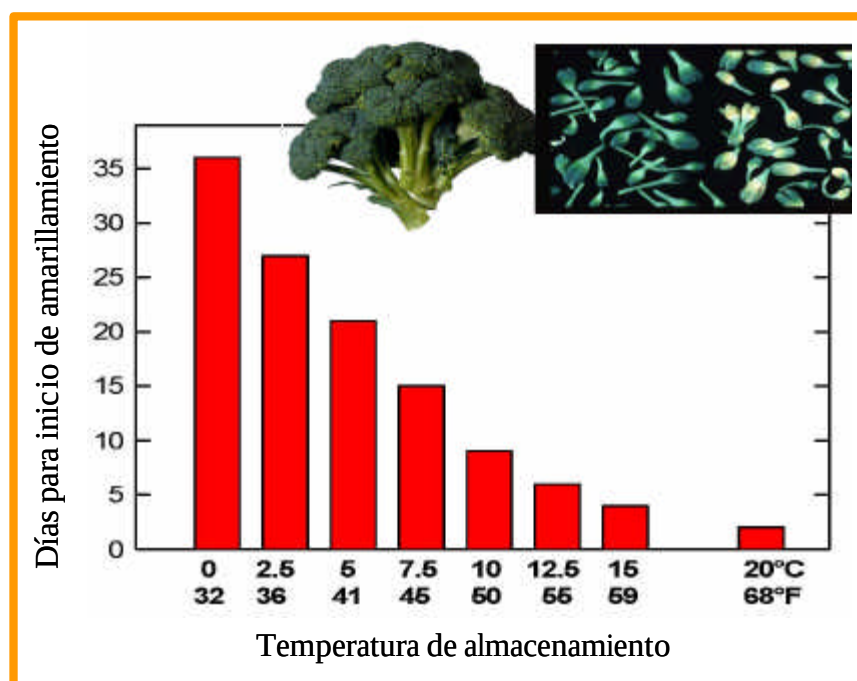
**Figura 6. Efecto de la temperatura sobre la tasa de respiración de la pera cv Williams durante el almacenamiento**



Fuente: Alique y Zamorano, 2000

La vida comercial de los productos agrícolas frescos tiene una relación inversa con la tasa respiratoria de los productos frescos: a mayor tasa respiratoria, más rápido se deterioran los productos. Para ilustrar esto, se muestra el ejemplo del efecto de la temperatura sobre el amarillamiento en el brócoli, en los resultados presentados por Cantwell (2005), quien determinó que el amarillamiento de este producto puede retrasarse más de 30 días si el producto se almacena a 0°C, mientras que a 20°C este ocurre en los primeros dos o tres días.

**Figura 7. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la vida útil del brócoli**



Fuente: Cantwell, 2005

### **Daños por frío y por congelación**

El enfriamiento de los productos agrícolas frescos tiene dos limitaciones originadas por la intolerancia o sensibilidad de algunos productos al almacenamiento a bajas temperaturas.

- 1) Punto de congelación: temperatura a la que ocurre la congelación
- 2) Sensibilidad a bajas temperaturas: temperatura superior al punto de congelación que puede alterar la calidad de los productos

Cuando la temperatura se reduce más abajo del punto de congelación de los productos, inicia la muerte de algunas células y el rompimiento de las paredes celulares. Estos daños son

irreversibles; se hacen más evidentes cuando el producto se descongela, por los cambios de color, apariencia acuosa de los tejidos, pérdida de rigidez, salida de fluidos y porque la actividad metabólica del producto acaba.

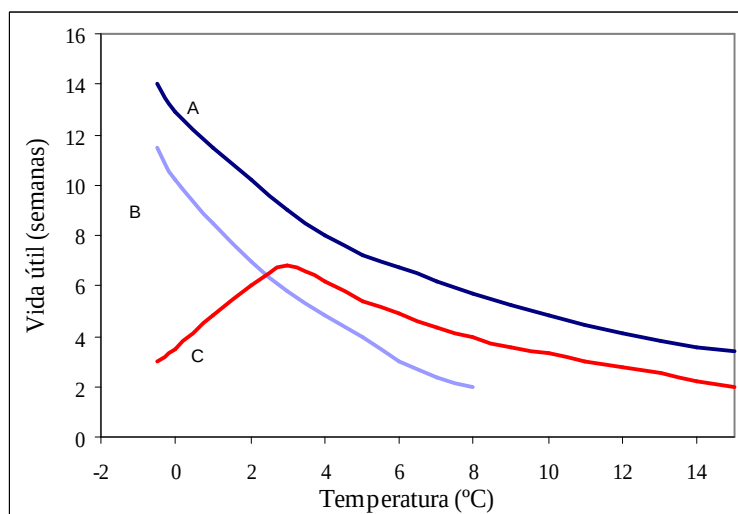
La sensibilidad de los productos a los daños por congelación es variada, productos muy susceptibles a este daño deben manejarse a temperaturas de por lo menos 1-3°C por arriba del punto de congelación, los moderadamente sensibles toleran un ligero congelamiento y los poco sensibles toleran un ligero congelamiento varias veces durante el almacenamiento. Los daños por congelación ocurren por una combinación tiempo-temperatura y la resistencia de los productos a esas condiciones depende de las características de los productos.

Los daños por frío (DF) ocurren a una temperatura superior a la de congelación, generalmente entre 7 y 12 °C. A esas temperaturas los tejidos se debilitan porque no pueden llevar a cabo los procesos metabólicos normales; ocurren alteraciones fisiológicas y bioquímicas y mal funcionamiento de las células. Cuando la exposición a esas temperaturas se prolonga, estas alteraciones y mal funcionamiento lleva al desarrollo de daños irreversibles en el producto.

Los síntomas del daño por frío son muy heterogéneos, según el producto, se reportan cambios en el estado de los lípidos de la membrana, alteraciones del metabolismo (respiración, producción de etileno, cambios de sabor, aroma, textura y otros), lesiones en la piel (depresiones, manchas, decoloración, oscurecimiento), formación de tejidos acuosos, desarrollo anormal de la maduración, decoloración y pardeamiento interno, aceleración de senescencia y pérdida de clorofila y mayor susceptibilidad al ataque de microorganismos.

Las hortalizas de hoja, inflorescencias, bulbos y semillas generalmente no son sensibles a los daños por frío aunque si a daños por congelación, por lo que se recomienda su almacenamiento a temperaturas cercanas a 0°C. Productos medianamente sensibles al daño por frío incluyen frutos maduros de clima templado (manzanas, peras, melocotón, ciruelas), raíces y tubérculos, para los cuales se recomienda utilizar temperaturas cercanas a 4°C. Los productos muy sensibles a los daños por frío incluyen frutas subtropicales (cítricos, mango, chirimoya, aguacate), tropicales (papaya, banano), frutos inmaduros (chile dulce, calabacín, pepino) cuyas temperaturas de almacenamiento varían entre 5 y 12 °C.

**Figura 8. Efecto de la temperatura sobre la vida comercial de los productos agrícolas frescos sensibles y no sensibles al daño por frío**



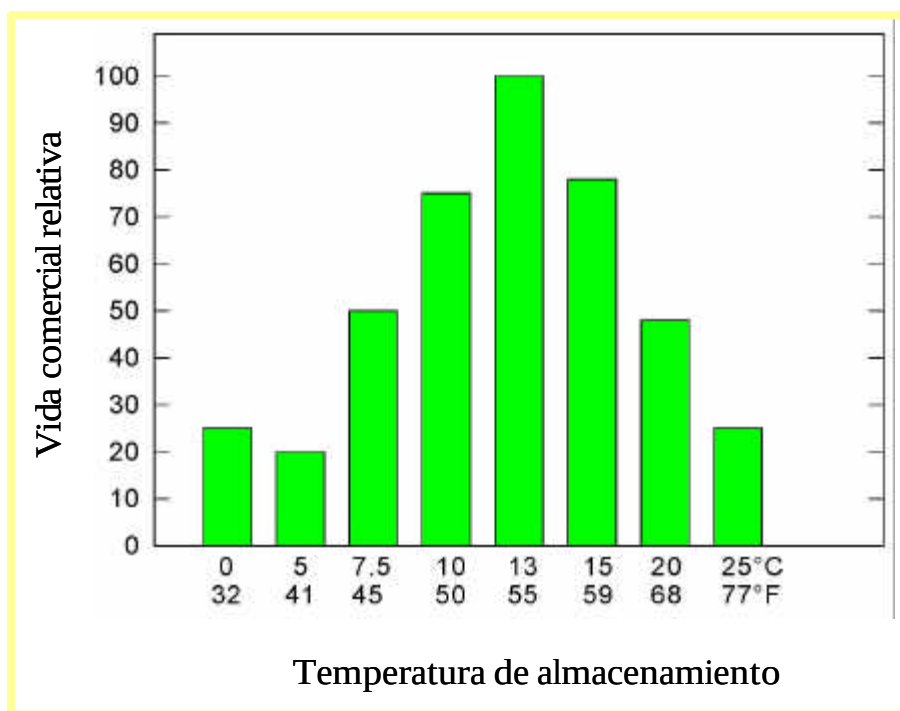
Fuente: Alique y Zamorano, 2000

La figura 8 muestra dos productos no susceptibles a daños por frío (A y B) y otro (C) susceptible. Se observa que la vida útil de los productos aumenta al disminuir la temperatura de almacenamiento, sin embargo, para el producto C, cuando la temperatura baja de cierto límite (3°C), el producto sufre daños por frío y la vida útil disminuye rápidamente.

En pepino se obtienen resultados similares según muestran los datos de Cantwell (2005) en la figura 9, en que la máxima vida comercial se obtuvo cuando el producto se almacenó a 13°C.

Los síntomas de daños por frío no necesariamente se manifiestan rápidamente, porque no dependen solamente de la temperatura, sino de una combinación de la temperatura y el tiempo que permanecen a esa temperatura, del grado de madurez, la variedad y de las características fisiológicas del producto. El daño puede ocurrir en un tiempo muy corto si las temperaturas a que se expone el producto son considerablemente más bajas que los niveles a los que comienza a ocurrir el daño (temperatura segura), pero los productos pueden tolerar temperaturas ligeramente por debajo de la temperatura establecida como segura por más tiempo antes de sufrir daños por frío.



**Figura 9. Efecto de la temperatura sobre la vida comercial del pepino**

Fuente: Cantwell, 2005

**Síntomas de daño por frío en algunos productos**

**Mango:** El daño por frío en mango se reporta a temperaturas menores de 13°C para fruta con madurez fisiológica y menores de 10°C para fruta más madura. Sin embargo, la incidencia del daño depende del cultivar, el tiempo de exposición y la temperatura. Los síntomas incluyen problemas de maduración desuniforme, mal desarrollo del color y sabor, hundimientos en la cáscara, decoloración grisácea, mayor susceptibilidad al deterioro patológico y en ocasiones oscurecimiento de la pulpa de la fruta.

**Melón Cantaloupe:** Los daños ocurren cuando el producto se almacena por debajo de 2°C por varios días. Se manifiesta como “pitting” (hundimientos), manchas, problemas de maduración, presencia de sabores extraños y mayor susceptibilidad a las podredumbres.

**Melón Honeydew:** Ocurre cuando se almacena el melón a temperaturas inferiores a 7°C por varios días. Los síntomas incluyen “pitting”, decoloración, problemas de maduración, sabores extraños y mayor susceptibilidad a las podredumbres.

**Piña:** La piña muestra daños por frío cuando se almacena a temperaturas inferiores a 7°C. Como otras frutas, las piñas maduras son menos susceptibles que las parcialmente maduras. Los daños incluyen color verde opaco al madurar (no maduran adecuadamente), arrugas, pulpa aguada (water soaked), oscurecimiento del corazón, aumento en la susceptibilidad al deterioro y decoloración en las hojas de la corona.

**Sandía:** Los daños ocurren a temperaturas menores de 7°C después de varios días de almacenamiento y se manifiestan como “pitting”, decoloración del color de la pulpa, pérdidas de sabor, desarrollo de sabores extraños y mayor susceptibilidad al deterioro patológico.

**Camote:** Sufre daños por frío cuando la temperatura es igual o menor a 12,5°C; se hacen más sensibles al ataque de hongos, la pulpa se oscurece y la raíz se arruga.

**Plantas de follaje:** Su tolerancia al daño por frío varía y resulta de una combinación entre el tiempo de exposición y la temperatura de almacenamiento. Generalmente los daños se aprecian cuando las plantas salen del almacenamiento refrigerado. Los síntomas más comunes son lesiones en el follaje, tejidos acuosos que eventualmente se tornan negros y necróticos, bandas grisáceas en el follaje, clorosis, deterioro de los tejidos y reducción en la tasa de crecimiento de las plantas. Los daños se aprecian 4 o 5 días después de que salen de refrigeración o hasta dos semanas después de que ocurre el daño las hojas crecen y permiten apreciar mejor el daño.

### **Prevención del daño por frío**

Los daños por frío pueden reducirse en algunas especies seleccionando grados de madurez de cosecha más avanzados o mediante tratamientos que incluyen el uso de humedades relativas elevadas, atmósferas controladas o modificadas, tratamientos con calcio o potasio, algunos tratamientos térmicos, las ceras y recubrimientos y almacenamiento a baja presión (hipobárico). En el caso de las plantas de follaje, los procesos de aclimatización pueden contribuir a una mayor tolerancia de estas a las condiciones ambientales.

### **Etileno**

El etileno es una hormona natural que producen las frutas al madurar. Su presencia promueve la maduración y otros cambios en los productos agrícolas frescos.

La temperatura retarda y reduce la síntesis de etileno en la mayoría de los frutos climatéricos. El efecto de la temperatura depende de la especie, la variedad y del grado de madurez de cosecha.

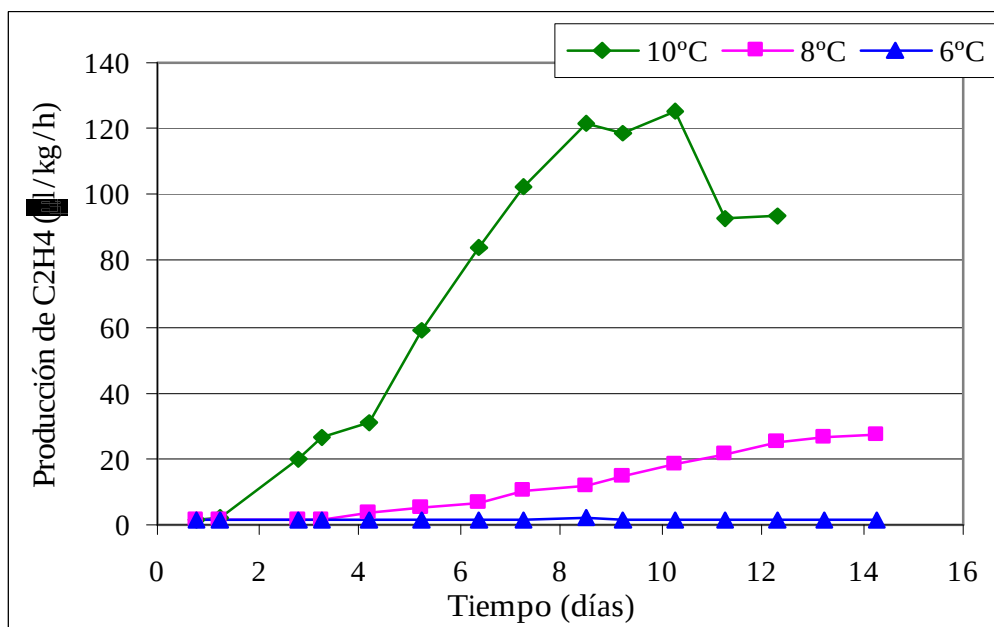
El etileno regula la síntesis de las enzimas responsables del ablandamiento de los tejidos, de la hidrólisis del almidón y la degradación de la clorofila, por lo que una reducción rápida de la temperatura del producto contribuye a retardar el ablandamiento, cambios de color y a conservar los productos por períodos más prolongados.

La sensibilidad y los efectos de la presencia del etileno varían entre los productos agrícolas frescos. Los efectos beneficiosos incluyen maduración uniforme, buen desarrollo de color externo, eliminación de la coloración verde de algunos frutos (clorofila) y otros. Los efectos indeseables incluyen maduración antes de tiempo, ablandamiento o pérdida de firmeza, manchas, puntos oscuros en las nervaduras de la lechuga, pérdida del color verde (hortalizas de hoja, follajes y otros), desarrollo de colores, olores y sabores extraños (sabor amargo en la zanahoria), decoloración y brotación (papas).

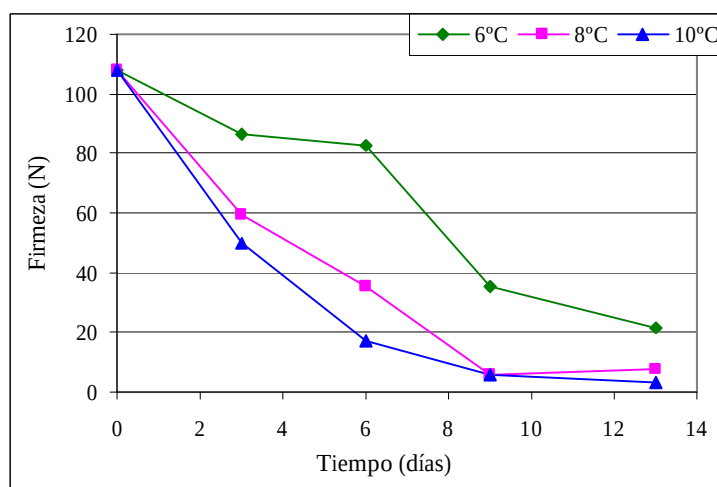
Los aguacates, melones Cantaloupe y Honeydew, papayas, maracuyá, bananos, plátanos, tomates y otros producen etileno. El cuadro 1 muestra la sensibilidad relativa de algunos productos agrícolas frescos al etileno. Se incluyen la clasificación por cantidad producida y por sensibilidad a los daños.

Los productos sensibles al etileno deben almacenarse y transportarse separados de los que producen etileno, para evitar los daños que este ocasiona y evitar que los productos maduren antes de tiempo.

La temperatura también afecta la producción del etileno. La tasa de producción de etileno de la anona se muestra reportados por Alique y Zamorano (2000) en la figura 10. A mayor temperatura, mayor la tasa de producción, aunque cabe resaltar que cuando el producto se almacenó a 10°C el incremento en la tasa fue mucho mayor que a 6 y 8°C. Esta información debe tomarse en cuenta al almacenar o transportar cargas mixtas, pues para muchos productos, se requieren muy bajas concentraciones de etileno para afectar su calidad.

**Figura 10. Efecto de la temperatura sobre la tasa de producción del etileno en anona**

La Figura 11 muestra la pérdida de firmeza de la anona. Los datos de respiración corresponden al estudio reportado por Alique y Zamorano (2000) e incluidos en la figura (Figura 10) a temperaturas entre 6 y 10°C. Se observa que a menor temperatura, la firmeza de la pulpa se mantiene por más tiempo.

**Figura 11. Efecto de la temperatura sobre la firmeza de la fruta en anona.**

Fuente: Alique y Zamorano, 2000

El etileno se usa comercialmente para inducir la maduración en varios productos, principalmente en los mercados meta (banano, aguacate y otros), con resultados muy buenos porque se logra una madurez uniforme, permite el transporte de productos más firmes hasta el mercado meta.

En California, el melón Honeydew se trataba con etileno en el pasado, exponiéndolo a 100-150 ppm de etileno durante 18-24 horas a 20°C dando buenos resultados, aunque la fruta inmadura no desarrolla las características sensoriales requeridas (textura, sabor, aroma y otros). Los melones Cantaloupe son moderadamente sensibles a la presencia de etileno exógeno y pueden sobremadurarse durante la distribución o almacenamiento temporal.

La sandía es muy sensible a la presencia de bajas concentraciones de etileno; la presencia de 5ppm de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> por 7 días a 18°C puede provocar daños importantes en la firmeza y calidad comestible del producto.

El mango responde bien al etileno, lo que permite una maduración uniforme (100 ppm, 12-24 horas a 20-22°C, con 90-95%HR). En la piña el efecto del etileno es sobre el color de su piel (pérdida de color verde) y puede también afectar la corona, pero no la calidad interna.

El camote produce poco etileno, pero es bastante sensible a la presencia de este gas, pues a concentraciones entre 1 y 10 ppm la tasa respiratoria y el metabolismo fenólico aumentan y se producen cambios de coloración y el sabor de las raíces cuando se cocinan.

Por su parte, algunas plantas de follaje (*Dracaena marginata* o *sanderana*) parecen tolerar la exposición a ambientes con 15 ppm de etileno durante 24 horas (Poole *et al.*, 1991). Sin embargo, estas no deben almacenarse o transportarse junto con productos que generan etileno, pues para muchas de las plantas la coloración verde es un atributo de calidad importante y el etileno podría favorecer la pérdida de este.

### **Carbohidratos, ácidos orgánicos y otros metabolitos**

La reducción de la temperatura de los productos agrícolas frescos también reduce la hidrólisis del almidón y el consumo de azúcares sencillos que los productos usan en el proceso de respiración. Similarmente afecta la velocidad de aumento o disminución de los ácidos

orgánicos, y, otros metabolitos como pigmentos, compuestos fenólicos y volátiles también retardan su síntesis o degradación cuando se reduce la temperatura.

**Microorganismos:**

El desarrollo de los microorganismos depende de la carga microbiana sobre los productos, el tipo de contaminación y la temperatura.

La contaminación natural de los productos agrícolas frescos y la contaminación durante su manipulación después de la cosecha, pueden deteriorar su calidad y además puede tener efecto tóxico para la salud de los consumidores (por producción de toxinas y por la presencia de microorganismos que afecten la salud de las personas).

La mejor manera de controlar el problema de la contaminación es a través de la prevención, utilizando buenas prácticas agrícolas y de manufactura y todos los cuidados necesarios para minimizar la carga microbiológica. Sin embargo, es prácticamente imposible trabajar con productos libres de microorganismos, por lo cual se deben utilizar otros tratamientos para controlar su desarrollo.

La reducción de la temperatura disminuye la velocidad de desarrollo de los microorganismos, lo cual tiene un efecto beneficioso sobre la calidad de los productos agrícolas frescos. Sin embargo, las temperaturas utilizadas para el manejo de estos productos no son letales para la mayor parte de los microorganismos presentes, sino que solamente reducen la velocidad de su crecimiento y desarrollo. Muchos patógenos sobreviven a temperaturas inferiores a 0°C, como los hongos y levaduras cuyo crecimiento se inhibe a temperaturas menores de -10°C, y la gran mayoría resiste temperaturas superiores a 0°C.

Una reducción rápida de la temperatura contribuye a controlar el desarrollo microbiológico, pero debe estar acompañado de otras medidas preventivas para minimizar la contaminación microbiológica de los productos, y, en algunos casos, tratamientos químicos (fungicidas y otros) o físicos (agua caliente) previos al almacenamiento que permitan un mejor control.

## **2 CONTROL DE LAS CONDICIONES QUE RODEAN LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS FRESCOS**

El control de las condiciones ambientales que rodean el producto es importante para maximizar su vida comercial y asegurar que los productos lleguen al mercado meta y a los consumidores con los atributos de calidad requeridos. Es necesario conocer los requerimientos y cuidados especiales para cada producto, para poder mantenerlos a esas condiciones a través de la cadena de comercialización hasta el punto de venta en los mercados meta.

Se ha mencionado la temperatura como un factor clave para el éxito en la comercialización de los productos agrícolas frescos, pero existen otros factores coadyuvantes que también deben controlarse y que contribuyen a preservar la calidad de estos productos por más tiempo: humedad relativa, iluminación, velocidad del aire, composición atmosférica.

La temperatura y la humedad relativa son las condiciones que generalmente se controlan en las cámaras de enfriamiento y almacenamiento refrigerado; la primera por su efecto en la actividad metabólica de los productos y la segunda porque contribuye a controlar la transpiración (pérdida de humedad de los productos frescos) (Figura 1).

La iluminación es importante para algunos productos, porque su presencia o ausencia favorece cambios en su apariencia. En ornamentales se requiere iluminación para evitar la pérdida de clorofila y en las papas, para evitar la formación de una coloración verde sobre la superficie.

La velocidad del aire frío es importante porque permite un mejor contacto entre esto y los productos agrícolas frescos y por tanto un enfriamiento más rápido. También ayuda a mantener uniforme la temperatura dentro de los cuartos fríos y los camiones refrigerados y a evitar focos calientes dentro de los mismos (si el producto empacado se acomoda bien dentro de esos espacios).

Si la velocidad del aire es muy alta y por tiempo prolongado, también puede favorecer la pérdida de humedad en algunos productos muy sensibles (mucho área expuesta), como hortalizas de hoja, ornamentales, flores y algunos frutos que por sus características son más propensos a este tipo de pérdidas (fresas).

La composición atmosférica (oxígeno, dióxido de carbono, etileno, vapor de agua, principalmente) que rodea al producto puede afectar de manera positiva o negativa la calidad de los productos agrícolas frescos, según los niveles empleados y la susceptibilidad de los productos al manejo:

- Oxígeno,  $O_2$ : La reducción del oxígeno (respecto al aire fresco) disponible reduce la actividad metabólica de los productos, lo cual puede extender su vida comercial. Concentraciones muy bajas (por debajo del 2%), generalmente provocan problemas por respiración anaeróbica.
- Dióxido de carbono,  $CO_2$ : Al aumentar el contenido de  $CO_2$  también se reduce la actividad metabólica, pero el exceso puede favorecer la aparición de sabores y aromas extraños y puede ser tóxico para algunos productos.
- Etileno,  $C_2H_4$ : Promueve la maduración y la pérdida de clorofila, es deseable en algunos casos pero en otros es perjudicial (desverdecimiento de productos ornamentales y hortalizas de hoja). En los cuartos de almacenamiento y en los empaques de flores y algunos otros ornamentales se busca controlar el etileno mediante absorbedores o cambios de aire frecuentes que permiten reducir la concentración de este gas. Comercialmente se utilizan generadores de etileno en cuartos de maduración en los centros de distribución de frutas frescas, para asegurar el grado de madurez requerido por el mercado y brindar producto con grado de madurez uniforme.
- Vapor de agua: El aire o la atmósfera alrededor del producto contiene agua en forma de vapor. La diferencia entre la presión de vapor de esta dentro del producto y en la atmósfera que lo rodea es la que facilita o limita la pérdida de humedad del producto (transpiración). Algunos productos tienen altas tasas de pérdida de humedad (melón Cantaloupe, mango, papaya, flores cortadas, fresa, piña, hortalizas de hoja), otros una tasa mediana (banano, naranja, ñame, oca, chile dulce, espárrago, remolacha, tomate, zanahoria sin hojas) y otros una tasa baja de pérdida de peso (jengibre, ajo, manzana, algunas variedades de melón, papas, berenjena y los productos encerados).



Cada producto tiene unas condiciones de almacenamiento recomendadas, bajo las cuales se conserva mejor su calidad. El cuadro 1 muestra las condiciones de temperatura y humedad relativa recomendadas para varios productos y las temperaturas a la que sufren daños por frío y de congelación. El enfriamiento a temperaturas inferiores a aquellas en que los productos sufren daños por frío y a las de congelación pueden provocar los daños irreversibles descritos en apartados anteriores.

### **3. COMPATIBILIDAD DURANTE EL ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE**

Los volúmenes de producción y la diversificación de productos que se comercializan juntos lleva al almacenamiento y transporte de cargas mixtas en distintas etapas de la cadena de comercialización (cuartos de almacenamiento temporal del productor o planta empacadora, medios de transporte, distribuidores en mercados meta y puntos de venta).

Cada producto tiene sus propias necesidades de temperatura, humedad relativa y composición atmosférica, pero en la práctica algunas veces no es posible contar con contenedores refrigerados o cuartos fríos para satisfacer los requerimientos de cada producto, y es necesario almacenar varios productos juntos.

Para definir las condiciones a las cuales almacenar o transportar un grupo de productos y la posibilidad de manejarlos en cargas mixtas, se debe tomar en cuenta la compatibilidad entre ellos y los requerimientos específicos de cada uno.

Los productos agrícolas frescos generalmente se pueden dividir en ocho grupos de compatibilidad tomando en cuenta las temperaturas y humedades recomendadas y la susceptibilidad a la deshidratación y daños por frío, separando los productos sensibles al etileno de los que lo producen, y evitando que productos sensibles a absorber olores junto a los que los producen.

Selección de las condiciones de almacenamiento para cargas mixtas:

**Temperatura:** Es preferible que los productos que se manejen juntos requieran condiciones de temperatura similares. Si no es el caso, se debe decidir la temperatura a usar, debe ser la temperatura más baja que no cause daños a ninguno de los productos, con lo cual se evita el riesgo de daños por frío o por congelación en los otros productos, aunque se sacrifica la vida comercial de los que soportan temperatura menores.

**Humedad relativa:** La mayor parte de los productos agrícolas frescos requieren humedades relativas altas, entre 85 y 95%. Por lo que por lo general, la humedad relativa no es un problema. Para productos a los cuales se recomienda el almacenamiento a menores humedades, se debe vigilar la respuesta en esos ambientes, especialmente en lo relativo al deterioro por enfermedades.

**Etileno:** Los productos que generan etileno deben estar separados de los que son sensibles a este, pues los cambios que ocasiona este gas deterioran rápidamente la apariencia de los productos y aceleran los procesos de maduración y senescencia. En algunos casos, podrían almacenarse juntos siempre y cuando se tomen las acciones para remover y controlar los niveles presentes del gas y si los productos no son altamente susceptibles a la presencia de ese gas.

Comercialmente, los problemas con el etileno y los olores pueden resolverse parcialmente con absorbedores de etileno y otros, una buena ventilación (cambios de aire frecuentes), al menos para productos que no son tan sensibles y por períodos relativamente cortos (transporte).

#### **4. CADENA DE FRÍO Y EXHIBICIÓN EN EL PUNTO DE VENTA**

La temperatura afecta la calidad de los productos agrícolas desde el campo hasta el consumidor. La cadena de frío se refiere a la vigilancia de la temperatura en todas las etapas intermedias.

En las labores de campo deben tomarse medidas que contribuyan a minimizar el efecto del ambiente sobre la calidad, tales como cosechar a las horas más frescas del día, colocar los productos cosechados en un lugar ventilado bajo la sombra, evitar largas esperas en campo y en la entrega del producto a la empacadora, usar medios de transporte con protección contra el sol y suficiente aireación.

Al llegar a la planta empacadora, el producto debe enfriarse tan pronto como sea posible, hasta su temperatura óptima de almacenamiento y luego mantenerse a esa temperatura durante el almacenamiento temporal.

Antes de cargar los productos en los contenedores refrigerados, estos deben enfriarse hasta la temperatura óptima para el producto, deben tener acceso directo a las puertas de los cuartos refrigerados sin dejar espacios para la entrada del aire a condiciones ambientales y en el momento de cargarlos se debe desconectar el equipo de refrigeración del mismo para evitar la condensación. La carga debe acomodarse preferiblemente dejando espacio entre las paredes y la carga y deben colocarse de modo que permita la circulación del aire frío según el tipo de contenedor (alimentación del aire frío por arriba o por abajo), y la circulación a través de los empaques (ventilaciones deben coincidir y no deben estar bloqueadas). Se deben colocar medidores de temperatura que la registren hasta el mercado meta.

El manejo de la temperatura debe continuar en el mercado meta. El producto debe mantenerse refrigerado, evitando esperas bajo condiciones ambientales. Es importante medir la temperatura con que ingresa el producto, revisar los registros de temperatura durante el transporte y agilizar la comercialización del producto en ese mercado, utilizando medios de transporte refrigerados y exhibidores en los puntos de venta a la temperatura recomendada para el producto.

En el punto de venta (supermercados, ventas de comida) y en los hogares de los consumidores, la temperatura también afecta, por lo que el producto debería mantenerse almacenado a sus condiciones óptimas, pero generalmente esto no ocurre, por falta de equipos y por falta de conocimiento, por lo que recomendaciones con el producto pueden ser de mucha utilidad para los consumidores. Los cuidados en la etapa final de la cadena de comercialización son importantes, porque contribuyen a que el producto no se dañe en esos últimos eslabones de la cadena.

## CONCLUSIONES

- El enfriamiento es una etapa esencial para mantener la calidad de los productos agrícolas frescos y extender su vida útil.
- La temperatura controla todos los procesos metabólicos de los productos frescos y es necesario reducirla para retardar la maduración y deterioro fisiológico y patológico de estos productos.
- Los beneficios del manejo a temperaturas reducidas requiere que los productos sean cosechados con el grado de madurez adecuado, estén limpios y libres de enfermedades (carga microbiológica mínima), sin daños mecánicos, con los tratamientos protectores necesarios (fungicidas, tratamientos térmicos y otros) y que tan pronto como sea posible, se enfríen y mantengan a las condiciones óptimas de almacenamiento a través de la cadena de comercialización hasta el consumidor final.
- Es importante conocer las condiciones óptimas de manejo de los productos agrícolas frescos y la susceptibilidad de estos a daños por frío o por congelación, la respuesta al etileno y a factores externos que afecten su calidad.

## LITERATURA CONSULTADA

Alique López, R. 2000. Principios generales de la aplicación del frío a los alimentos. En: Aplicación del frío a los alimentos. Editado por Lamúa Soldevilla, M. Instituto del Frío. Editado por A. Madrid Vicente, Ediciones y Ediciones Mundi-Prensa. Pag. 19 – 40. Madrid.

Alique López, R. & Zamorano Rodríguez, J. P. 2000. Productos vegetales: procesos fisiológicos post-recolección. En: Aplicación del frío a los alimentos. Editado por Lamúa Soldevilla, M. Instituto del Frío. Editado por A. Madrid Vicente, Ediciones y Ediciones Mundi-Prensa. Pag. 41 – 67. Madrid.

Alique López, R. & Zamorano Rodríguez, J. P. 2000. Productos vegetales: regulación de los procesos fisiológicos post-recolección. En: Aplicación del frío a los alimentos. Editado por Lamúa Soldevilla, M. Instituto del Frío. Editado por A. Madrid Vicente, Ediciones y Ediciones Mundi-Prensa. Pag. 69 – 103. Madrid.

Bachmann, J., Earles, R. 2000. Postharvest handling of fruits and vegetables. Horticulture Technical Note. ATTRA-National Sustainable Agriculture Information Service. <http://attra.ncat.org/attra-pub/postharvest.html> Junio del 2005.

Boyette, M.D., Sanders, D.C. & Rutledge, G.A. 2000. Packaging requirements for fresh fruits and vegetables. Postharvest Technology Series. En: <http://bae.ncsu.edu/programs/extension/publicat/postharv/ag-414-8/index.html>. 4 de nov. del 2003.

Cantwell, M. 2001. Properties and Recommended Conditions for Storage of Fresh Fruits and Vegetables. Postharvest Technology Research and Information Center, University of California at Davis: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/Storage/spanishpropertieschart.pdf> June 2005.

Cantwell, M. 2005. Postharvest Handling Challenges for Specialty Crops. En: [http://www.aic.ucdavis.edu/events/CAS\\_05/cantwell\\_part\\_A.pdf](http://www.aic.ucdavis.edu/events/CAS_05/cantwell_part_A.pdf).

Cantwell, M., Suslow, T.V. 2002. Sweetpotatoes. Recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research and Information Center, University of California at Davis: <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/sweetpotato.shtml> June 2005.

Centro de Comercio Internacional UNCTAD/GATT. 1993. Manual sobre el envasado de frutas y verduras frescas. CCI UNCTAD/GATT. ITC/194/C1/93-XI. Ginebra, Suiza.

Centro de Comercio Internacional. 2005. Manual del exportador de frutas, hortalizas y tubérculos en Colombia. En: [www.cci.org.co/Manual%20el%20exportador.htm](http://www.cci.org.co/Manual%20el%20exportador.htm) 27 de junio del 2005.

Conover, C.A. 1994. Effects of Moisture Stress During Simulated shipping on Quality of Dracaena 'Massangeana', Dwarf Schefflera and Weeping Fig. University of Florida/IFAS, Central Florida Research and Education Center. CFREC-Apopka Research Report RH-94-3. [http://mrec.ifas.ufl.edu/Foliage/Resrpts/rh\\_94\\_3.htm](http://mrec.ifas.ufl.edu/Foliage/Resrpts/rh_94_3.htm)

Fraser, H. 1998. Tunnel forced-air coolers for fresh fruits and vegetables. Factsheet. Ministry of Agriculture and Food, Ontario, Canada. En: [www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crops/facts/98-031.htm](http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crops/facts/98-031.htm) Junio del 2005.

Gross, K.C., Chien, Y.W., Saltveit, M. 2002. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery crops. An Adobe Acrobat pdf of a draft version of the forthcoming revision to US

Department of Agriculture, Agriculture Handbook 66 on the website of the USDA, Agricultural Research Service, Beltsville Area <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/index.html> November 8, 2002.

Harris, S.R. 1988. Production is only half the battle. A training manual in fresh produce marketing for the Eastern Caribbean. Dood and Agriculture Organization of the United Nations. Bridgetown, Barbados. En: <http://www.fao.org/Wairdocs/S5014E/X5014e00.htm>. 4 de junio del 2003.

Hardenburg, R.E., Watada, A.E., Wang, C.Y. 1986. The commercial storage of fruits and vegetables, and florist and nursery stocks. United States Department of agriculture. Agricultural Research Service. Agriculture Handbook Number 66.

Kader, A. 2002. Mango. Recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research and Information Center, University of California at Davis: <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/mango.shtml> June 2005.

Kader, A. 2002. Pineapple. Recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research and Information Center, University of California at Davis: <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/pineapple.shtml> June 2005.

McGregor, B.M. 1987. Manual de transporte de productos tropicales. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Oficina de Transporte. Manual de Agricultura No. 668.

Peleg, K. 1985. Produce handling, packaging and distribution. AVI. Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.

Poole, R.T., Conover, C.A. 1993. Effects of Low Temperature Storage on Quality of Twenty-two Foliage Plants. University of Florida/IFAS, Central Florida Research and Education Center. CFREC-Apopka Research Report RH-94-3. [http://mrec.ifas.ufl.edu/Foliage/Resrpts/rh\\_93\\_6.htm](http://mrec.ifas.ufl.edu/Foliage/Resrpts/rh_93_6.htm)

Poole, R.T., Chase, A.R., Osborne, L.S. 1991. Dracaena Production Guide. University of Florida/IFAS, Central Florida Research and Education Center. CFREC-Apopka Research Report RH-94-3. <http://mrec.ifas.ufl.edu/Foliage/folnotes/dracaena.htm>

Robertson, G.L. 1993. Food Packaging. Principles and practices. Marcel Dekker Inc. New York

Suslow, T.V. 2002. Watermelon. Recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research and Information Center, University of California at Davis: <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/watermelon.shtml> June 2005.

Suslow, T.V., Cantwell, M., Mitchell, J. 2002. Cantaloupe. Recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research and Information Center, University of California at Davis: <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/cantaloupe.shtml> June 2005.

Suslow, T.V., Cantwell, M., Mitchell, J. 2002. Honeydew Melon. Recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research and Information Center, University of California at Davis: <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/Honeydew.shtml> June 2005.

Suslow, T.V., Mitchell, J., Cantwell, M., 2002. Carrot. Recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research and Information Center, University of California at Davis: <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/carrot.shtml> June 2005.

The North Carolina Agricultural Extension Service. 1989. Introduction to Proper Postharvest Cooling and Handling Methods <http://www.bae.ncsu.edu/programs/extension/publicat/postharv/ag-414-1/>  
28 de junio del 2005.

Thompson, J.F., Brecht, P.E., Hinsch, T. & Kader, A.A. 2000. Marine container transport of chilled perishable produce. Agriculture and Natural Resources Publication 21595. University of California.

Thompson, J.F., Mitchell, F.G., Rumsey, T.R., Kasmire, R.F., Crisosto, C.H. 2003. Commercial Cooling of Fruits, Vegetables and Flowers. University of California. Division of Agricultural and Natural Resources, Publication 21567, U.S.A.

## BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA

**Ing. Kattia Chang Yuen, M.B.A<sup>1</sup>**  
[kattiach@cia.ucr.ac.cr](mailto:kattiach@cia.ucr.ac.cr)

### ANTECEDENTES

Las buenas prácticas de manufactura (abreviado BPM, o GMP por sus siglas en inglés de Good Manufacturing Practices) representan una herramienta básica para la obtención de productos seguros para el consumo humano, abarcando específicamente principios básicos de higiene, sanidad y seguridad en la manipulación y almacenamiento de alimentos. Pertenecen al Código de Regulaciones Federales de los Estados Unidos, y son aplicadas a la industria alimentaria, la industria farmacéutica y a la industria de cosméticos.

Las BPM se definen como procesos o procedimientos para prevenir la contaminación microbiana, química o física del producto terminado o su adulteración durante la preparación, el empaque o la distribución. Esto implica atención especial en procesos operativos tales como selección, empaque y transporte del producto hasta los puntos de venta y/o al consumidor final.

Durante la década de los años 90's, en los Estados Unidos de Norte América (USA) se suscitaron algunos eventos críticos de contaminación en frutas y vegetales frescos, que hicieron a la población tomar mayor conciencia acerca de la inocuidad de los alimentos que se consumen:

- 1996, *Cyclospora* en frambuesas por agua contaminada
- 1997, Hepatitis A en fresas por personal enfermo
- 2001, *S. poona* en melón cantaloupe por uso de hielo contaminado
- 2001, *S. senftenberg* en uva de mesa por mal manejo del producto

Los costos en que incurren las empresas por enfermedades alimentarias, se traducen en pérdidas de clientes y ventas, así como del prestigio y el nombre de la marca en el mercado, y recuperar la confianza del consumidor no es tarea fácil, ni mucho menos volver a posicionar una marca. Por

---

<sup>1</sup> Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas, Laboratorio de Tecnología Poscosecha



otro lado, si un consumidor llega a sufrir alguna intoxicación por ingerir productos, entonces se deben de considerar los gastos que se deberán incurrir en la solución de las demandas, los pagos a los abogados y a las cortes. Al enfrentar la empresa estos problemas, es muy posible que el personal se sienta desmotivado, ya que cuando las ventas de la compañía disminuyen, se reflejan en recortes de personal, lo que implica baja moral entre el equipo de trabajo, en algunos casos ausentismo, y nuevos reclutamientos (capacitaciones, inducciones, etc.).

A raíz de lo anterior, los principales mercados de destino de la producción latinoamericana de productos agrícolas frescos, USA y la Unión Europea, decidieron que era hora de crear lineamientos generales para la protección de los consumidores.

Así en 1997, el presidente de los USA impulsó ante el Congreso, un plan para la Iniciativa de Aseguramiento de la Seguridad de Frutas y Vegetales Nacionales e Importadas, que dio paso a la formulación a través de la Administración de Alimentos y Drogas, FDA y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA, la generación de los documentos oficiales que contemplan las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), congruentes a derechos y obligaciones comerciales.

Por otro lado, en el año 2002, la Unión Europea estableció a la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés), como la responsable de las disposiciones legales, administrativas y reglamentarias concernientes a la seguridad de los consumidores. A raíz de esto, un grupo de 24 cadenas de supermercados europeos, se unieron y crearon EUREPGAP como iniciativa privada (EUREP: Euro Retailer Produce Working Group, GAP: Good Agricultural Practices), con énfasis en el rastreo del origen del producto desde que sale de la finca hasta que llega al consumidor final.

En general, las BPM tienen prioridad a la protección de la salud pública y a mantener la competitividad de las empresas, ya que impactan directamente a la oferta y a la demanda del producto, en la higiene y en la sanidad laboral, además de que son un prerrequisito para poner en marcha un sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP).

Para una empresa contar con un sistema de BPM, representa utilidad en el diseño y funcionamiento de las instalaciones, en el desarrollo de procesos y productos relacionados con alimentos, además de que se contribuye con el aseguramiento de una producción de alimentos seguros, saludables e inocuos para el consumo humano.

Si bien, la inclusión de las BPM a los quehaceres diarios en producción de frutas y vegetales frescos es una realidad, los productores interesados no deben olvidar que su adopción es de carácter voluntario, ya que aún no es obligatorio certificarse en BPM para poder exportar a USA y a la Unión Europea, a este último a menos de ser proveedor de una de las 24 cadenas de supermercados que pertenecen a EUREPGAP.

La elección de un Sistema de Aseguramiento de Calidad, dependerá de las necesidades del cliente, por ejemplo:

- Inocuidad de Alimentos: BPM, BPA, EUREPGAP, CHILEGAP, HACCP
- Calidad: ISO 9000
- Máxima Seguridad y Bienestar de los Trabajadores: EUREPGAP, OSAS 18000
- Protección al Medio Ambiente y a los recursos Naturales: ISO 14000

Los procedimientos de BPM incluyen al personal, a los edificios y las instalaciones, a los equipos y utensilios que se encuentran dentro de ellas, y finalmente los controles y los registros que facilitan la verificación de las actividades que se declaran en el Manual de BPM.

Cada empresa debe formar un equipo interno que esté a cargo de escribir todos y cada uno de los procedimientos de las actividades que se realizan dentro de ella, y una vez establecidos, éstos deberán ejecutarse siempre de la misma forma, ya que uno de los objetivos de incluir BPM es estandarizar los procesos y la forma en que se hacen. En general, la receta básica con los procedimientos de una empresa es simplemente crearlos, escribirlos, evaluarlos, adoptarlos y, finalmente auditarlos.

## **1. ACERCA DEL PERSONAL**

Toda empresa y/o compañía está en la obligación de conocer bien la legislación laboral del país donde se encuentra, en el caso nuestro, ésta se rige por el Código de Trabajo y las directrices del

Ministerio de Salud, ambas se aseguran de que las condiciones laborales de los empleados acaten la seguridad, higiene e integridad del personal.

En las BPM las reglas que se deben cumplir con respecto al personal que labora dentro de la planta son muy básicas y lógicas, sin embargo no dejan de ser importantes. La base es no olvidar que el trabajador puede convertirse en un medio para esparcir enfermedades, por lo tanto es muy importante entregar las herramientas necesarias para evitarlo. Reglas tales como que dentro de la planta empacadora NO se ingieren ni alimentos ni bebidas, no se fuma, no se rasca: ni el pelo, ni la barba, ni el bigote, ni granos, ni espinillas; no se usa maquillaje, ni joyas, ni perfume o colonia, las uñas cortas, no pintadas en el caso de las mujeres, el cabello corto y limpio, no se va al baño con la ropa de planta, no toser ni estornudar sobre el producto, entre otras.

Una forma práctica de hacerlo es mediante la prevención de riesgos, a través del establecimiento y cumplimiento de normas de higiene dentro de la planta, monitoreos de la salud del personal y programas de capacitación, y éstos últimos deben iniciar en concienciar al personal acerca de la importancia del impacto de una pobre limpieza y de las prácticas antihigiénicas en las actividades que realizan a diario, sobre la seguridad de los alimentos, e incluso la de ellos mismos. Las principales enfermedades asociadas con frutas y vegetales frescos, que son transmitidas vía oral-fecal, es decir ano-mano-boca, en otras palabras un empleado que haya ido al baño y no se haya lavado bien las manos, y después haya hecho contacto con el producto. La mayor preocupación se centra en la presencia de *E. coli* O157:H7.

Las capacitaciones deben ser continuas y constantes, para todo el personal activo, en temas como por ejemplo:

- ¿El por qué no se come ni se fuma en la planta empacadora?
- La importancia de lavarse bien las manos
- Conceptos de higiene personal
- Las instalaciones sanitarias

En el caso de trabajadores de tiempo parcial o de temporadas especiales, el supervisor u operador a cargo de la cuadrilla será el responsable de dar las instrucciones verbales, y repetirlas

cuantas veces sea necesario para alcanzar los objetivos establecidos referentes a sanidad e higiene del personal.

Toda empresa debe mantener un control del estado de salud de su personal, tanto inicial al ingresar el primer día a laborar a la compañía, como un control periódico que permita un registro historial. Cuando un trabajador no se encuentre en condiciones aptas para trabajar, deberá informárselo a su superior inmediato, y el trabajador será separado de las actividades que incurran en contacto con el producto, y valorado por el médico de empresa.

Es importante que todo el personal de la empresa, administrativo y operativo, estén familiarizados con los signos y síntomas típicos de algunas enfermedades infecciosas que pueden ser transmitidas por una mala manipulación de productos, con el objetivo de detectar a tiempo la presencia de posibles focos de contaminación, tales como:

| Enfermedad                    | Síntomas                          |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| Virus de la Hepatitis A       | Fiebre e ictericia                |
| <i>Salmonella typhi</i>       | Fiebre                            |
| Especies de <i>Shigella</i>   | Diarrea, fiebre, vómitos          |
| Virus de Norwalk y similares  |                                   |
| <i>Staphylococcus aureus</i>  | Diarrea, vómitos                  |
| <i>Streptococcus pyogenes</i> | Fiebre, dolor de garganta, fiebre |

Fuente: 1997. Código Alimentario.

Los buenos hábitos y costumbres de los trabajadores, deberán ser reflejados en la conciencia que desarrollen acerca de la importancia en la inocuidad del manejo de productos.

El SIDA y el virus de la Hepatitis A, NO son transmitidos por contacto de las personas con producto. Uno de los detalles más importantes es instruir adecuadamente acerca del lavado de manos, pues lavárselas es muy fácil, pero lavárselas bien es lo que hace la diferencia. Para una capacitación constante acerca del lavado de manos, se pueden utilizar ayudas visuales colocadas en lugares estratégicos como los baños, y las estaciones de lavado en la planta.

Aprender a lavarse bien las manos es como seguir una receta de cocina, donde los ingredientes son jabón, desinfectante, y abundante agua:

1. Primero mójese las manos con agua
2. Tome una cantidad de jabón líquido del tamaño de una moneda de cinco colones
3. Frótese las manos con movimientos circulares durante 15-20 segundos (cante “Cumpleaños Feliz”, rece “Padre Nuestro”)
4. Utilice cepillo de cerdas suaves para lavarse debajo de las uñas
5. Enjuáguese las manos con suficiente agua hasta eliminar el jabón de ellas
6. Séquese con toalla desechable preferiblemente
7. Aplíquese desinfectante en las manos, y distribuya uniformemente

En algunas tareas dentro de las plantas empacadoras, suelen utilizarse guantes para el trabajo, sin embargo es importante señalar que el uso de éstos NO sustituye el lavado de manos; si los guantes son desechables, no se recomienda que se reutilicen. Cada vez que se va al baño, se deben quitar los guantes y lavarse bien las manos antes de ponérselos de nuevo. Los cambios de guantes se realizan cuando éstos están muy sucios, antes de iniciar una tarea nueva y/o al menos después de cuatro horas de uso continuo.

La ropa de trabajo debe ser adecuada para las tareas que se van a desarrollar dentro de la planta empacadora y según cada actividad, sin embargo en general se deberá de utilizar gabachas para trabajar y no deberán colocar nada en los bolsillos de la misma porque éstos pueden caer en la línea de proceso.

Los operarios deberán presentarse a trabajar con ropa adecuada, limpia y en buen estado: pantalones largos, camiseta o camisa, gorra y/o casco y/o malla para el pelo. Sólo debe permitirse el uso de calzado cerrado dentro de la planta, y de preferencia botas de hule, cuando haya contacto con agua.

En el caso de los operarios que trabajan dentro de cámaras de enfriamiento, deberán ser equipados con el uniforme adecuado, que incluye casco o gorra, botas de hule, guantes para frío, y chaqueta gruesa.

Para el buen cumplimiento de estos objetivos, el personal deberá contar con espacio físico, seguro e individual, para que puedan guardar sus pertenencias personales mientras están laborando, y asearse antes o después de terminar su turno.

Finalmente todas estas reglas acerca de higiene personal y hábitos de trabajo aplican a todo el personal que labora en la planta empacadora, desde los operarios hasta los administrativos, así como toda persona que visite las instalaciones.

## **2. ACERCA DE LA INFRAESTRUCTURA**

Después de la cosecha, muchos productos agrícolas deben ser limpiados, lavados, secados, pesados, y empacados antes de ser entregados en los mercados de productos frescos. Usualmente estos procesos se deben realizar en un lugar adecuado como plantas empacadoras diseñadas especialmente para tal efecto, por lo tanto existen diferentes tipos de plantas empacadoras, según las necesidades que se requieran, desde pequeñas plantas manuales hasta plantas empacadoras totalmente equipadas con controles electrónicos.

Las plantas empacadoras son consideradas un ambiente protegido para la manipulación de productos agrícolas frescos, diseñados para que el flujo de operaciones se desarrollen sin mayores problemas. Debe contar con lugares específicos para el almacenamiento de equipos y materiales, un área de oficinas, dimensiones adecuadas para el volumen de producto a manejar así como las operaciones que se deben realizar, y un aspecto muy importante desde el punto de vista comercial, es que debe contar con acceso a buenos sistemas de comunicación y sus facilidades. Las plantas empacadoras tienden a convertirse en puntos focales para la industria de productos agrícolas frescos, y son centros de información; y si su diseño es apropiado, pueden ser utilizados para seguir empacando en diferentes épocas del año. En el caso de exportación de productos agrícolas frescos, las plantas empacadoras deben contar con operaciones de selección, pesado y estrictos controles de calidad.

El diseño de la planta de empaque y sus facilidades dependen mucho de la localización del local, tipo y volumen de producto a manejar, y los mercados de destino. Es raro que dos estaciones de empaque sean idénticas. Entre los factores que se deben tomar en consideración cuando se está planeando la construcción de una planta empacadora, incluye:

- Operaciones
- Equipos y facilidades
- Localización
- Diseño y materiales de construcción
- Compromiso de los altos mandos

Sin embargo, una de las principales preguntas que se debe hacer antes de considerar la planeación de la empacadora, es si el proceso del producto se puede mecanizar, luego si realmente lo necesito de acuerdo a los volúmenes de producción, estudiar las ventajas y desventajas que ello conlleva, incluyendo el análisis de tipos de empaque y materiales; finalmente si la introducción de mecanización de mis procesos, reducen el porcentaje de pérdidas poscosecha, incrementando ingresos por éstas reducciones versus los costos de mecanizar procesos.

En el caso de Costa Rica, antes de seleccionar un terreno con ubicación específica para la construcción de una planta empacadora, se deben considerar algunos aspectos legales como verificar por medio de los Planes Reguladores, si existen limitaciones para la construcción de este tipo de infraestructura, por ejemplo en la zona norte de nuestro país en la provincia de Guanacaste, existen planes reguladores en Tilarán, Cañas, Liberia, Santa Cruz y Nicoya. Si la obra es mayor a los 10 mil metros cuadrados de construcción, o se ubica cercano a alguna zona considerada de estudio especial, deberán ser necesarios cumplir con algunos de los requisitos de la Secretaría Técnica Nacional del Ambiente, SETENA (Decreto Ejecutivo No. 25705), como los FEAP que corresponden a los Formularios de Evaluación Preeliminar Ambiental, o los EsIA que son ya los Estudios de Impacto Ambiental. Por otro lado, estar al día con los permisos municipales de construcción, planos aprobados por el CFIA (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos), cumplimiento de requisitos de Catastro Nacional y estudios de topografía.

La búsqueda del terreno para la ubicación de la planta empacadora debe tomar en consideración la forma del lote (cuadrado, rectangular, grado de pendiente del terreno), ya que aunque lo ideal sería que todas las plantas empacadoras fueran rectangulares para poder adaptar líneas de proceso continuas, la realidad es que en nuestro país, los terrenos tienen formas inesperadas, y

en muchos casos con grandes pendientes que implican grandes movimientos de tierra para lograr nivelación, lo cual se traduce en altos costos operativos de construcción.

Ahora bien, lo adecuado sería que la planta empacadora esté ubicada a una distancia equitativa entre las fincas de los productores, con buenos caminos de acceso y se tome en cuenta si son carreteras principales o secundarias, asfaltadas o en lastre, ya que estos detalles, aunque parezcan insignificantes, pueden llegar a afectar la calidad del producto final. Además debe considerarse la cercanía a poblaciones con potencial fuerza laboral, para cumplir con las necesidades de las actividades de la empresa. Si esto no fuera posible, deberá considerarse la opción de ofrecer transporte para el personal.

La zona geográfica donde se decida la ubicación de la planta empacadora, deberá contar con servicios básicos de luz, agua potable y teléfonos. Es importante verificar la posibilidad de contar con salidas de electricidad de 110 V y 220 V, acceso a sistemas eléctricos trifásicos, Internet, verificar si el agua potable proviene de pozos, acueductos municipales, o sistemas abiertos como ríos o lagos, y finalmente, si existe sistemas de tuberías municipales de aguas negras o si en su efecto, existen plantas de tratamiento o se deben considerar su construcción.

Antes de que se decida el lugar donde se construirá la nueva planta empacadora, se deben tomar en consideración algunos factores importantes en cuanto a facilidades que requiere la planta empacadora, por ejemplo:

- Agua: todas las estaciones de operaciones dentro de la planta empacadora requieren disponibilidad de abundante agua potable, desde el lavado del producto hasta la posibilidad de enfriamiento por agua (hidroenfriamiento) del producto, y las facilidades requeridas para la disposición y entrega de agua. Cuando la calidad del agua municipal sea poco confiable, podrían ser consideradas otras fuentes como por ejemplo, los pozos. Cuando el agua es escasa, las posibilidades de re circulación y re utilización son posibles, sin embargo, es muy importante mantener la calidad sanitaria del agua que va a entrar en contacto directo con el producto.
- Electricidad: cualquier planta empacadora que adopte procesos automatizados requerirá de buena iluminación, por lo tanto un generador de electricidad para casos



de emergencia, se convierte en una necesidad que se debe considerar, especialmente cuando las plantas empacadoras cuentan con cuartos de almacenamiento en frío.

- Disposición de desechos: Es importante separar los desechos y el producto rechazado en las líneas de empaque para disminuir las pérdidas poscosecha, sobre producto de calidad. Los desechos orgánicos provenientes de la línea de empaque deben ser retirados de la planta empacadora para evitar contaminación cruzada, además de convertirse en una atracción para plagas y por lo tanto en un riesgo fitosanitario.
- Equipos: un buen diseño en equipos y transporte puede economizar tiempo y esfuerzo, y reducir los daños provocados al producto durante su paso por la planta empacadora. Para mover al producto dentro de las áreas de trabajo, se utilizan poleas manuales, transportadores de rodillos, o en el caso de empacadoras grandes, transportadores y montacargas eléctricos. Al utilizar sistemas de paletizado, se puede aprovechar el espacio en un 10%.
- Manejo de producto: existen muchas opciones dentro de la mecanización de las operaciones de una planta empacadora para facilitar las tareas que se desarrollan en ella: lavado, cepillado, encerado, calibrado y empaque. Aunque existen en el mercado internacional muchas compañías que se dedican a la construcción de maquinaria poscosecha, debe tomar en cuenta el tipo de producto y sus volúmenes de producción, el espacio físico, las características de su producto, su resistencia a mecanización, entre otras, antes de tomar una decisión acerca de su adquisición.
- Facilidades de almacenamiento: muchas plantas empacadoras requieren espacio refrigerado para almacenar al producto una vez que ha sido empacado, en algunos otros casos, esta necesidad es mayor, pues se requiere enfriamiento especial del producto (pre enfriamiento, aire forzado, etc.). Algunas veces, áreas con suficiente ventilación puede ser suficientes para eliminar el calor de campo, sin embargo es importante cambiar de pensamiento e incorporar el enfriamiento en los procesos poscosecha para asegurar la calidad del producto. Las posibilidades de expansión de áreas refrigeradas también deben ser consideradas en los diseños iniciales de la planta empacadora, y deben quedar previstos.

La construcción debe ser sólida, y estar alejada de las demás casas (si es que las hubiera) e instalaciones que no sean compatibles con las actividades que se desarrollarán en la planta empacadora. Los pisos deberán ser contruidos con materiales que faciliten su lavado, desinfección y drenaje, las instalaciones deberán contar con adecuada iluminación, especialmente en las áreas de selección y control de calidad, además de buenos sistemas de drenaje internos y facilidades sanitarias.

Existen variados diseños de plantas empacadoras, sin embargo un diseño popular es el modelo de larga escala, centralizando la línea de empaque, utilizando materiales relativamente baratos y fáciles de conseguir, de durabilidad aceptable, como por ejemplo pisos de concreto y láminas de metal corrugado para las paredes y techos. Sin embargo, por la ubicación de las plantas empacadoras, se debe tomar en cuenta el factor de radiación solar y las variaciones de temperatura ambiente, ya que ambos factores pueden convertir rápidamente a las plantas empacadoras contruidas con estos materiales, en sitios no muy confortables para trabajar dentro de ellas y al mismo tiempo, provocar serios daños poscosecha en los productos, deteriorando su calidad.

Por lo tanto es necesario considerar la incorporación de detalles constructivos en el diseño de la infraestructura, como por ejemplo aspersores en los techos, sistema eléctrico de ventilación para disipar el calor. Diseñar los techos de la infraestructura de forma escalonada, es un método económico para lograr la disipación del calor de forma natural, sin tener que invertir en costosos sistemas eléctricos.

Toda planta empacadora deberá contar con áreas aptas para la carga y descarga de producto con espacio suficiente para los movimientos de los montacargas, un patio de maniobras que permita a los camiones circular sin problemas. Los andenes deberán estar contruidos con desniveles de 1,20 m para acoples de los contenedores, y tener unidades de carga-descarga individuales.

Todas las instalaciones deberán ser protegidas contra plagas (roedores, insectos, aves, etc.) y mantenerse un programa de control. Se recomienda que las áreas de trabajo estén cubiertas y sean cerradas, para prevenir la contaminación cruzada.

El espacio mínimo requerido para una planta empacadora es de 550 m<sup>2</sup>, lo que permite y facilita el movimiento de persona y cargas dentro, con especial atención al ancho de las puertas, considerando el paso de personas y tarimas paletizadas de producto. Debe considerar espacios suficientemente adecuados para el almacenamiento de materiales de empaque. El área de descanso del personal deberá mantenerse siempre limpio, de fácil lavado y razonablemente confortables, para que los trabajadores puedan tomar sus alimentos.

Las instalaciones sanitarias deben ser ubicadas en las afueras de la planta empacadora para evitar la contaminación cruzada, y se debe tener algunos detalles especiales en su diseño, como por ejemplo que el nivel del piso de los baños, nunca esté por encima del nivel del piso de la planta, para que en caso de accidentes o derrames, las aguas negras no fluyan hacia la zona segura para los productos (indispensable, un buen sistema de drenajes interno y externo). Deben estar separados los baños de hombres de los de las mujeres, contar con puerta y seguro, además de que por cada 15 operarios, deberá existir un inodoro, una ducha con puerta o cortina, un lavabo con abundante agua potable, jabón y desinfectante, y basureros con tapa. En el caso de plantas pequeñas, en donde el número de trabajadores es menor a 15, entonces se utilizan las mismas instalaciones pero con un buen seguro interno.

Las plantas empacadoras convencionalmente son divididas en tres áreas o actividades principales: recepción, preparación o empaque y despacho. Las áreas de almacenamiento de producto y materiales de empaque son diseñadas de acuerdo a las necesidades de la empresa.

### **3. RECIBO DEL PRODUCTO**

El área de recepción del producto es frecuentemente la más sucia de la planta empacadora, por lo tanto la limpieza y desinfección debe ser más fácil, pues está expuesta a constante contaminación con la llegada y salida de camiones que transportan producto. Debe tener protección aérea para los camiones cuando están en el andén, en caso de inclemencias del tiempo, como por ejemplo lluvia, viento y sol, los cuales pueden deteriorar la calidad del producto. El desnivel con respecto al piso para el acople de los camiones en el andén, puede resolverse de una forma fácil y económica aprovechando la pendiente del terreno al ubicar esta sección, y construyendo al resto de la planta por encima. Al llegar a la planta empacadora,

usualmente el producto es contado o pesado, en algunos casos seleccionado por calidades, e identificado por fecha y finca de origen.

Normalmente el producto no puede ingresar directamente del campo a las líneas de empaque, antes de hacerlo deben eliminarse la suciedad y el calor de campo. Por otro lado, los camiones que transportan al producto hasta la planta empacadora, usualmente no ingresan en ella, sino que descargan en las afueras, en un espacio destinado para estas operaciones, el cual se recomienda debe estar bajo techo. Las descargas se hacen en tanques de agua, primero para minimizar los daños mecánicos por impacto en los productos, y segundo para que la suciedad externa al contacto con agua, sea más fácil de eliminar cuando pase por la lavadora y los cepillos.

El agua del tanque de recibo contiene cloro en una concentración de 125 ppm para efectos de desinfección y lavado de sandías, melones y mangos, y se recomienda un tiempo de contacto del producto con el agua de al menos un minuto en sandías, mangos y melones sin red, para los melones con red, éste tiempo se incrementa a cinco minutos. El diseño del tanque de recibo determinará el tiempo de contacto del agua con el producto (tiempos muy cortos, tanques muy pequeños). Si el diseño original del tanque es muy pequeño, se pueden agregar secciones con divisiones y el uso de chorros de agua que obliguen al producto a seguir una ruta, que haría que se mantenga un tiempo más prolongado en el tanque antes de su salida a la siguiente sección.

#### **4. EMPAQUE**

El área de empaque debería ser un ambiente seco (a menos de que sean procesos que impliquen aplicaciones de fungicidas o ceras en agua), limpio, con buena ventilación e iluminación adecuada. El diseño de las líneas de empaque son tradicionalmente lineales, sin embargo éstas pueden ser variadas según las necesidades requeridas.

Al salir del tanque de recibo, el producto pasa a la lavadora de cepillos de fibras de monofilamento (el mismo tipo de fibra puede ser utilizado para melones, sandías y mangos), con un sistema de aspersión aéreo de agua con cloro (misma concentración), que puede ser filtrada y re circulada, ya que aún no se está agregando ningún tratamiento.

La transición entre tanque de recibo y lavadora de cepillos, debe ser a través de una banda inclinada, de avance por tracción eléctrica, de malla tipo ciclón por ejemplo, o continua con separadores y necesariamente un sistema de drenaje de exceso de agua, para evitar desperdicios del recurso. Debe considerarse materiales que no causen daño físico al producto tales como golpes, rayaduras, incisiones, etc.

Las bandas de selección deben ser de PVC Grado Alimenticio de capas múltiples, preferiblemente de color claro para que facilite la observación del producto y sus defectos, si es que los hay, y deben avanzar a una velocidad promedio de 50 r.p.m. Las velocidades de avance son determinadas por el primer elemento de la línea de empaque; cuando existen diferencias entre las velocidades de los elementos, pueden provocarse cuellos de botella en la línea de proceso. La altura de las mesas de selección debe ser entre 100 y 120 cm sobre el nivel del piso, y con un ancho no menos de 45 cm y no mayor a 75 cm.

En los elementos para la aplicación de tratamientos poscosecha (ceras, fungicidas, etc.) se recomiendan aspersores aéreos colocados en posiciones contrarias para asegurar el contacto del tratamiento con el contorno del producto. El recircular o reutilizar los recursos de esta sección, dependerán de las recomendaciones del fabricante del producto químico, además de las consideraciones ambientales para la eliminación de las aguas de la planta de empaque.

Es importante tomar en cuenta que aunque los fabricantes acepten recircular las aguas con fungicidas o ceras, se debe considerar que se incrementan los riesgos por contaminación en el producto por bacterias, hongos, y en algunos casos, acumulación de fungicidas.

En el caso de mangos para exportación, según el mercado de destino, se incluye un tratamiento térmico de agua caliente para ayudar al control de antracnosis y otro cuarentenario, dependiendo del tiempo de exposición de la fruta al agua caliente, el cual tiene dos opciones para ser ejecutado:

1. Sumergir en agua caliente a 46,1° C por 75-90 minutos, según el peso de la fruta. Tratamiento cuarentenario, para control de mosca en la fruta, mercado exportación USA.

2. Sumergir en agua caliente a 53°C con 500 ppm prochloraz durante 3 minutos, como tratamiento contra la antracnosis.

En una línea automatizada, la selección de las calidades de los productos se realizan por selectores de peso, los cuales registran los rangos de peso de las frutas y los clasifican según los requerimientos de los mercados de destino, normalmente en embalaje de cajas de cartón.

Algunos sistemas requieren pre-enfriamiento del producto, por lo tanto después de ser clasificado por calibres, el producto es colocado en cajas plásticas y enviado a la sección de aire forzado, para después ser empacado en sus respectivas cajas, y almacenado en los cuartos fríos, mientras esperan ser cargados en los camiones de transporte.

## **5. DESPACHO**

El área de despacho se recomienda bajo refrigeración, limpio y con buen espacio para que no haya restricción de movimientos de producto terminado y listo para ser cargado en los camiones. Los programas de control de calidad deben ser planificados previamente en el diseño de la planta empacadora, para designar un área específica para facilitar la realización de estas tareas sin entrar en conflicto con otras operaciones.

La planificación del diseño de la planta empacadora debe contemplar las proyecciones de expansión y crecimiento de la empresa, de tal forma que facilite la incorporación de al menos dos líneas de empaque adicionales, con una estructura capaz de soportarlas.

Conseguir nuevos terrenos aptos y libres para la construcción de plantas empacadoras resulta a veces muy difícil por la escasez de tierras que cumplan con todos los requisitos deseables antes mencionados, sin embargo, muchas organizaciones lo que acostumbra hacer es buscar infraestructuras existentes y adaptarlas a sus necesidades. Esta práctica puede resultar en elevados costos de rediseño y ajustes, especialmente de las líneas de empaque, y esta decisión puede terminar en la demolición de la infraestructura y la construcción de una nueva.

Finalmente, es importante que los diseños de plantas empacadoras sean tan flexibles como sea posible, en caso de cambios en las necesidades de diferentes cultivos.

## **6. PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN ESTÁNDAR (SOP)**

Los procedimientos de operación estándar (SOP) son aquellos que están bien definidos para realizar una acción u operación. Generalmente la agrupación de todos los procedimientos de una planta empacadora en un solo documento, conforman lo que se conoce como el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura. Y esta documentación permite el alcance de todos los procesos que se llevan a cabo en la planta empacadora a través de la historia de la empresa, y se convierte para la misma, en una máquina del tiempo.

Las operaciones de cada planta empacadora se diferencian según los procesos que conlleva cada tipo de producto, pero todos siguen una línea básica que se puede resumir en tres grandes secciones: recibo, operaciones de empaque y despacho.

Un esquema de procedimientos de operación estándar, puede ser:

1. Recibo del producto
2. Inspección de calidad inicial del producto
3. Lavado del producto
4. Selección del producto
5. Tratamientos poscosecha
6. Tratamientos térmicos
7. Selección por tamaño o peso
8. Empaque para pre enfriamiento
9. Empaque final
10. Despacho del producto
11. Inspección de calidad final del producto
12. Manejo de desechos orgánicos
13. Manejo de desechos inorgánicos
14. Producto de rechazo
15. Pre enfriamiento de producto
16. Enfriamiento de producto
17. Inspección de calidad transportes
18. Hábitos de higiene personal
19. Hábitos de trabajo

20. Control de plagas
21. Materiales de empaque
22. Materiales de empaque e insumos
23. Identificación de mejoras continuas
24. Programa de capacitación continua
25. Calibración de equipos
26. Mantenimiento preventivo
27. Control de calidad
28. Manejo de productos químicos
29. Solicitud de modificaciones o nuevos procedimientos

## **7. EQUIPOS BÁSICOS POSCOSECHA**

Dentro de las operaciones que se realizan dentro de una planta empacadora de productos frescos, es importante contar con equipos o utensilios que faciliten las comprobaciones de calidad sobre el producto. Para tal efecto, muchos empacadores se ayudan con la adquisición de instrumentos que verifican las condiciones de la temperatura del producto, el desarrollo de las concentraciones de azúcar en las frutas, la temperatura y humedad relativa de los cuartos de almacenamiento, y de los camiones de transporte.

Antes de adquirir estos equipos, es recomendable cotizar precios, el soporte técnico en caso de falla del equipo, las opciones de repuestos, calibraciones de equipo, etc.

### **Refractómetros manuales**

Estos equipos son durables y muy confiables (cuando se utilizan adecuadamente), son instrumentos de campo para determinar el contenido de azúcares o sólidos solubles en frutas como melones, cítricos, piñas, y otros. Algunos refractómetros miden porcentaje de azúcar directamente, mientras que otros miden los sólidos solubles en porcentajes de grados Brix, por lo tanto es necesario convertirlos en porcentaje de azúcar.

Los refractómetros tipo ATAGO pueden compensar las diferencias de temperatura (obviamente su precio es mayor!) pero para otras unidades, se pueden utilizar tablas de



compensación de temperaturas. En general, cualquier refractómetro es fácil de utilizar, limpiar y sencillo en su mantenimiento.

### **Medidores de Humedad Relativa**

Medir la humedad relativa (%HR) del aire ambiente puede hacerse electrónicamente o utilizando el principio de termómetros de bulbo seco y húmedo. Los termómetros estáticos de bulbo seco y húmedo son muy lentos para la medición de HR, mientras que otras opciones son los higrotermógrafos o psicrómetros, los cuales son muy confiables, baratos, y un método de rápida medición. Los higrotermógrafos giratorios deben ser seleccionados por su diseño y materiales, y escogidos no sólo por su precio, sino también por su durabilidad con el uso. Recuerde solicitar termómetros extras (tienden a quebrarse por el uso incorrecto) y mechas para el bulbo húmedo.

Existen diferentes tipos de equipo eléctrico móvil, capaz de medir rápidamente la HR pero generalmente son más caros que los higrotermógrafos giratorios, y toman más tiempo en equilibrarse con las condiciones ambientales cuando hay cambios en la humedad. Existen algunos dispositivos electrónicos que permiten registrar a la vez, la temperatura del aire, pero los precios son mejores.

### **Medidores de Temperatura**

La medición de temperatura del aire a menudo puede resultar muy fácil con ayuda de un termómetro de mercurio calibrado, el cual semeja al bulbo seco en el higrotermógrafo giratorio, o al termómetro de Taylor de máximas y mínimas.

Los termómetros de máximas y mínimas son muy usados porque permiten registrar los extremos de las temperaturas de almacenaje, y permiten identificar los posibles errores que hayan sido cometidos durante el proceso de refrigeración.

La medición de la temperatura del producto, actualmente es crucial en almacenamiento, maduración o distribución del producto, y requiere insertar en la pulpa del producto, una sonda metálica electrónica que registra la temperatura. Los instrumentos de este tipo, electrónicos, son más fáciles de utilizar, ya que en una pantalla despliegan la información de las lecturas de la

temperatura, son digitales, usan baterías pequeñas, son durables, rápidos y precisos en sus lecturas. La ventaja de los termómetros de sonda es que tanto la temperatura de pulpa, como en hidrogenofriamiento, en tanques de inmersión o temperatura del aire, las mediciones se hacen con una sola pieza del equipo.

## **8. PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN ESTÁNDAR DE HIGIENE**

Los procedimientos estándar de higiene son aquellos procedimientos rutinarios establecidos para mantener un ambiente en condiciones higiénicas aptas para producir frutas y vegetales seguros. Implican establecer métodos de limpieza y desinfección, utilizando desinfectantes debidamente aprobados, y definiendo esquemas de limpieza (horarios, quién, cómo, cuándo, dónde). Las tareas deben ser asignadas según las aptitudes y destrezas de los operarios, e igual que las demás secciones de BPM deberán ser acompañados por un programa de entrenamiento anual acerca de limpieza y desinfección de las plantas empacadoras.

Continuando el modelo de procedimientos anteriores, un esquema propuesto podría ser:

1. Limpieza y desinfección del tanque de recibo
2. Limpieza y desinfección de las bandas de selección
3. Limpieza y desinfección de la lavadora y cepillos
4. Limpieza y desinfección de las instalaciones sanitarias
5. Limpieza y desinfección de las cajas plásticas
6. Limpieza y desinfección de las cámaras de enfriamiento
7. Limpieza y desinfección de las cámaras de pre enfriamiento
8. Limpieza y desinfección de los montacargas
9. Limpieza y desinfección de los equipos de calidad
10. Limpieza y desinfección de las romanas o pesas
11. Limpieza y desinfección de camiones
12. Limpieza y desinfección de las áreas de trabajo
13. Limpieza y desinfección de pisos
14. Limpieza y desinfección de paredes

Uno de los recursos más importantes y utilizados dentro de las plantas empacadoras de frutas y vegetales frescos, es el agua. Debido a la gran importancia del agua en los diferentes procesos

en la planta empacadora, es vital que ésta no se convierta en un medio de contaminación o que favorezca la contaminación cruzada. Entre los microorganismos asociados a enfermedades encontrados en agua contaminada, se mencionan a: *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Vibrio cholerae*, *Shigella spp.*, *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, *Cyclospora cayetanensis*, *Toxoplasma gondii* y el virus de la hepatitis A.

El agua puede reducir la contaminación, pero también la puede incrementar especialmente cuando se re utiliza en los procesos. Reutilizar el agua en los procesos puede incrementar la carga microbiana, e incluso indeseables patógenos en el cultivo. Es importante que siempre utilice agua potable y establezca prácticas para asegurar que la calidad del agua sea adecuada para las intenciones de uso. Conforme avanzan los procesos, la calidad microbiana del agua debe ir aumentando. Algunas de las consideraciones generales incluye:

- Dar seguimiento a las BPM para minimizar la contaminación microbiana en el agua de procesamiento. Considerar facilidades de empaque como plantas de empaque.
- La calidad del agua varía mucho. Para determinar cuán limpia está el agua, debe ser determinada en el punto donde el agua está siendo utilizada. Por ejemplo, el agua para enjuague al final de la línea de procesos necesita ser muy limpia, comparada con el agua del tanque de recibo.
- La calidad del agua debe ser consistente con las regulaciones de EPA para agua potable. El agua dentro de los estándares microbianos de agua para beber, es considerada segura e higiénica.
- En caso de que el agua sea re utilizada en procesos a lo largo de la línea, debe contrarrestar el flujo del movimiento del producto. Por ejemplo, el agua que se utiliza en el último enjuague, puede ser re usada en una sencilla operación, por medio de un tanque bombeado, colocando filtros para capturar pequeñas basuras y limpiando un poco al agua.
- Aplique BPM en los monitoreos de la calidad del agua que entra en contacto directo con superficies durante el procesos.

Entre algunas de las consideraciones básicas para asegurar y mantener la calidad del agua utilizada en las diferentes operaciones en los procesos, tenemos:

1. Monitoreos periódicos de la calidad del agua

2. Cambios de agua cuando sean necesarios para mantener la condiciones sanitarias del líquido
3. Desarrollar procedimientos estándares de operación o planes sanitarios que incluyan horarios de cambios de agua para todos los procesos que involucren el uso de este recurso.
4. Limpiar y desinfectar todas las superficies de contacto para asegurar la inocuidad del producto. Incluye superficies como bombas de agua, tanques, lavadoras, y sistemas de hidrogenfriamiento.
5. Instale mecanismos de protección para contraflujo para prevenir la contaminación de agua limpia con agua potencialmente contaminada, tanto entre las tuberías de llenado como en las tuberías de drenaje de las bombas.
6. Inspeccione regularmente y dé mantenimiento preventivo al equipo utilizado para monitoreos de la calidad del agua. Por ejemplo incluya inyectores de cloro, sistemas de filtración y mecanismos de protección para contraflujo.

## 9. CONTROLES Y REGISTROS

Para poner en práctica las BPM, un requisito fundamental es la implementación de registros que documenten cómo se lleva a cabo la totalidad de las labores dentro de la planta empacadora. Para ello es necesario generar un sistema ordenado de diferentes registros (de acuerdo a cada actividad).

Un sistema de registros tiene por objetivos,

- Documentar el análisis de peligros
- Documentar los resultados de las actividades de monitoreo
- Documentar los procedimientos de verificación
- Mantener fichas de productos
- Documentar calibraciones de equipos
- Documentar actividades de capacitación

Un buen sistema de trazabilidad genera información importante porque permite repasar la trayectoria de un producto durante su proceso, e identificar el momento cuando se dio el problema, si es que lo hay. Al momento de surgir un producto contaminado, este sistema

permite indagar el punto donde se produce el defecto, por lo cual es un sistema ampliamente impulsado en países con políticas alimentarias que enfatizan la salud y la seguridad de la población. El sistema de trazabilidad es directamente dependiente de un buen sistema de registros.

Los registros deben ser legibles, recuperables y fácilmente identificables, además de un uso razonable del tiempo del trabajador. Deben mantenerse por el tiempo que indique la legislación nacional o el protocolo de BPM usado de referencia, prevaleciendo aquella más exigente, siempre y cuando no contradiga a la legislación del país.

Para cumplir con el requisito de la implementación de registros, no es necesario establecer un sistema muy complicado. Si se cuentan con alternativas electrónicas, una planilla de cálculo tipo Excel, llevada adecuadamente permite lograr el objetivo. De lo contrario, se pueden fabricar planillas con papel y lápiz, cumpliendo con el mismo objetivo.

La información básica que debe contener un registro:

1. Folio: Número de identificación del registro
2. Título del registro (finalidad del registro p.e. control limpieza de cámaras de refrigeración)
3. Nombre de la empresa y dirección
4. Fecha y hora
5. Identificación del producto (si es que hay varios)
6. Estándares para controlar los peligros
7. Plan de muestreo, frecuencia de monitoreo
8. Hora inicio y termino del proceso
9. Identificación del lote
10. Firma o iniciales del operador
11. Firma o iniciales del revisor
12. Fecha de revisión

Los registros deben ser llenados con lápiz indeleble, en el punto de monitoreo, respetando el llenarlos en el momento que se hacen las labores, ya que el hacerlo después implica omisión de algunos detalles que son olvidados. Los errores deben tacharse con una línea o con un cruce de

líneas o bien como sea definido, luego anotar el valor o la observación correcta con las iniciales del operador. No se debe traspasar información, en caso de sistemas digitales la información debe ser traspasada en forma fidedigna y se guardan los registros originales. Estos deben estar siempre disponibles y ordenados (deben ser comprendidos por cualquier persona que los vea) y deben ser verificados diariamente por el responsable del programa de BPM.

## LITERATURA CONSULTADA

BACHMANN, J.; EARLES, R. 2000. “Post harvest Handling of Fruits and Vegetables” National Sustainable Agriculture Information Service, ATTRA. USA. pp 21.

CALDERÓN, M.; CERDAS, M.M. 2000. “Manejo Poscosecha del Mango para el Mercado fresco” Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. pp. 220

FIGUEROA, A.; OYARSUN, M.T. 2004. “Buenas Prácticas Agrícolas: Potencial de diferenciación en países de América Latina” Proyecto Regional para la Formación en Economía y Políticas Agrarias y de Desarrollo Rural en América Latina. Santiago, Chile. pp. 29

GAST, K. 2000. “Processing Water” Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. USA. pp. 4

HARRIS, S. 1998. “Production is only half the battle. A training manual in fresh produce marketing for the Eastern Caribbean” Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Bridgetown, Barbados. pp. cap. 5, cap. 11

KADER, A. 2002. “Mango. Recommendations for Maintaining Post harvest Quality” Department of Pomology. University of California, Davis. California, USA. pp. 3

POMS, J.C.; SIVARDIÈRE, P. 2002. “Manual de Capacitación. Certificación de Calidad de los Alimentos orientada a sellos de atributos de valor en países de América Latina” ECOCERT-FAO. Santiago, Chile. pp. 43-51

SUSLOW, T. 2002. “Watermelon. Recommendations for Maintaining Post harvest Quality” Department of Vegetable Crops. University of California, Davis. California, USA. pp. 3

SUSLOW, T.; CANTWELL, M.; MITCHELL, J. 2002. “Honeydew Melon. Recommendations for Maintaining Post harvest Quality” Department of Vegetable Crops. University of California, Davis. California, USA. pp. 3

SUSLOW, T.; CANTWELL, M.; MITCHELL, J. 2002. “Cantaloupe. Recommendations for Maintaining Post harvest Quality” Department of Vegetable Crops. University of California, Davis. California, USA. pp. 3

SUSLOW, T. 2002. “Buenas Prácticas de Manufactura. Boletín de Difusión” Programa de Calidad de los Alimentos Argentinos. Dirección de Promoción de la Calidad Alimentaria. Argentina. pp. 16

SUSLOW, T. 1998. “Direcciones para la Industria. Guía para Reducir al Mínimo el Riesgo Microbiano en los Alimentos, en el caso de Frutas y Vegetales Frescos” USDA-FDA. pp. 56

SUSLOW, T. 2003. “Especificaciones Técnicas de Buenas Prácticas Agrícolas. Frutales y Packing” Comisión Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas del Gobierno de Chile. Santiago, Chile. pp. 55

SUSLOW, T. 1989. “Prevention of post harvest food losses fruits, vegetables and root crops a training manual” Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. pp. Cap. 6, cap. 7, cap. 9.