

Nociones del Manejo de Post-Cosecha

Kurt Manrique Klinge, Ph.D.

Depto. de Mejoramiento y Recursos Genéticos

Centro Internacional de la Papa

k.manrique@cgiar.org

1. Importancia del manejo de post-cosecha de productos agrícolas perecibles

Una abundante cosecha es la feliz culminación de todo cultivo que haya sido provisto de todos los elementos o factores de producción necesarios. Sin embargo, esta abundante cosecha con todos sus atributos de calidad inherentes puede perderse si no se le proporciona un adecuado manejo de post-cosecha que involucre manipuleo y almacenamiento adecuados. A pesar de esta obvia observación, no existe un cabal entendimiento de los procesos fisiológicos y conceptos que involucran el manejo de post-cosecha de productos agrícolas perecibles, y año tras año se producen grandes volúmenes de pérdidas en el mercadeo que podrían perfectamente evitarse. Este artículo hace una revisión de algunos conceptos básicos en el manejo de los productos cosechados.

2. Qué es un producto agrícola perecible?

Los productos agrícolas no son materia inerte o sin vida, están compuestos de células vivas (unidades de vida). Por lo tanto, son entes vivos. En la medida que la estructura, organización y funciones celulares sean preservadas, la vida de un producto agrícola se prolongará. Los productos agrícolas son diversos tipos de órganos ó estructuras botánicas que son aprovechadas por el hombre, entonces de acuerdo a esta definición podemos clasificar los productos agrícolas en tres grupos:

- a. **Frutos:** cariósidos (trigo, maíz), pomo (manzana, níspero, etc), vainas (frijol, habas, etc.), cereza (uva, tomate, etc.), pepo (pepino), agregado (fresa), colectivo (piña, higo)
- b. **Estructuras vegetativas:** tallos (apio, palmito, espárragos), hojas (lechuga, acelga, etc.), flores (coliflor, brocoli)
- c. **Estructuras subterráneas:** raíces (camote, zanahoria, betarraga, etc.), tubérculos (papa), rizomas (ging seng).

Los productos agrícolas una vez cosechados sobreviven a expensas de sus reservas almacenadas. Los diversos órganos ó estructuras botánicas antes mencionados, son órganos especializados que varían en cuanto a su capacidad para almacenar los productos de la fotosíntesis (**fotosintatos**). Los frutos, tubérculos, raíces y rizomas son estructuras especializadas de almacenamiento; mientras que tallos y hojas tienen mucho menor capacidad de almacenamiento y más bien son estructuras fotosintéticas. La **sacarosa** es el

fotosíntesis más importante, y la principal forma de almacenamiento de los productos de la fotosíntesis es el **almidón**.

3. **Respiración:**

Al momento de ser cosechados, los productos agrícolas están vivos y realizan procesos fisiológicos propios de organismos vivientes, desde el punto de vista de post-cosecha el más importante de todos éstos es el de la **respiración**. El manejo en post-cosecha de productos agrícolas perecibles es básicamente el control de los factores internos y externos que contribuyen a intensificar el proceso de respiración y por ende la maduración.

La respiración es el proceso por el cual el oxígeno atmosférico es aprovechado para metabolizar compuestos de almacenamiento (azúcares y almidón) para formar diversos productos derivados como: CO₂, agua y energía (calor). La respiración involucra 3 procesos metabólicos vitales íntimamente ligados:

a. **Glicolisis:**

En la glicolisis, la glucosa es degradada secuencialmente a partir del almidón y sacarosa para formar ácido pirúvico. El ácido pirúvico, posteriormente es transferido al ciclo de Krebs. Las reacciones de la glicolisis no requieren oxígeno. Sin embargo, si se dan condiciones anaeróbicas cuando el producto es almacenado en un lugar poco ventilado o escaso de oxígeno, el ácido pirúvico no puede ser transferido al ciclo de Krebs y se acumula en el citoplasma de las células produciéndose etanol, lo que da lugar al proceso de **fermentación**. La fermentación tiene consecuencias desastrosas para los tejidos vivos en términos de sus reservas almacenadas y la acumulación de compuestos indeseables. De ahí la necesidad de instalar sistemas de ventilación en los almacenes o asegurar la circulación de aire.

b. **Ciclo de Krebs (o del ácido cítrico):**

Las reacciones del ciclo de Krebs se dan en la mitocondria, donde el ácido pirúvico producido en la glicólisis, sigue un proceso de descarboxilación y oxidación para formar ácido cítrico, y finalmente ácido oxalacético con lo que el ciclo se reinicia. En todo este proceso hay liberación de 3 moléculas de CO₂ y generación de energía en forma de 4 pares de electrones (NAD + H) y un par como FADH₂.

c. **Sistema del citocromo (o transporte de electrones):**

Los electrones producidos en el Ciclo de Krebs son transferidos a través de un gradiente de compuestos aceptores de electrones de menor a mayor potencial. El compuesto final en esta gradiente es el oxígeno que es el de mayor potencial de reducción (mayor aceptor), en combinación con oxígeno se forma agua. Durante este proceso, parte de la energía libre es conservada como ATP que es una forma biológicamente “usable” para el funcionamiento de reacciones sintéticas y principales ciclos vitales. Sin embargo, parte de esta energía libre se pierde también como calor (**energía vital**). Esta elevación de la temperatura debe disiparse mediante sistemas de ventilación para evitar la condensación

sobre superficies frías y la formación de agua libre que tiene funestas consecuencias en el almacenamiento de productos perecederos.

4. El Climaterio

En términos botánicos, el climaterio de los frutos corresponde a un período de aumento significativo de la actividad respiratoria asociada al final del proceso de maduración. Este período de respiración climatérica es una fase de transición entre la maduración y la senescencia.

La tasa de respiración de los frutos durante el proceso de maduración determinará si son frutos climatéricos o no climatéricos. Un fruto climatérico (plátano, manzana, pera, palto, mango, papaya, etc.) permitirá ser cosechado y manipulado en estado pre-climatérico, para luego ser madurado durante su comercialización y transporte, preservando sus características de calidad para el consumidor final. Al estado pre-climatérico, la tasa respiratoria se encuentra a un mínimo, elevándose luego hasta dos o cuatro veces el mínimo pre-climatérico durante la fase final de maduración (ver Figura 1).

La determinación del momento oportuno de cosecha de un fruto climatérico es de importancia crucial para asegurar la aparición de las características de calidad en el fruto maduro al final del canal de comercialización. La medición de una serie de parámetros en muestras de frutos ayudarán a la determinación del momento oportuno de cosecha, entre ellos se tiene:

- Índice de respiración y concentración de etileno
- Tiempo entre la floración y la maduración
- Coloración de semillas
- Reconversión de almidón
- Color de fondo de la cáscara
- Firmeza de la pulpa
- Índice refractométrico (brix)
- Concentración de ácidos orgánicos y azúcares en los jugos

Los frutos no climatéricos, por otro lado, no muestran el incremento de la tasa respiratoria durante el proceso de maduración. Si no que por el contrario, muestran una progresiva y lenta tasa respiratoria durante la senescencia debido a la invasión microbiana y fungosa que conducirá a la descomposición del producto.

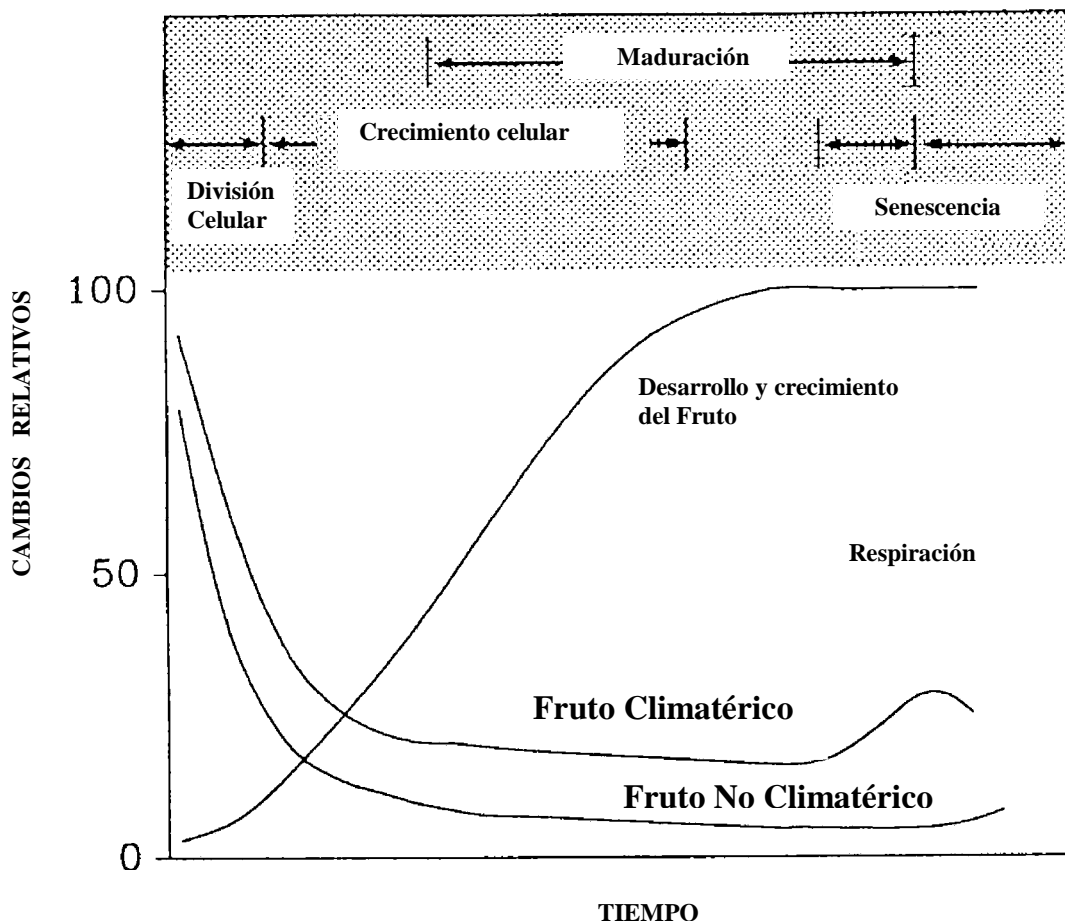


Figura 1. Diferencia en el patrón de la tasa respiratoria de un fruto Climatérico y uno No Climatérico durante el desarrollo, maduración y senescencia

5. Cambios de la composición de los productos agrícolas después de la cosecha:

Después de ser cosechados los productos agrícolas sobreviven a expensas de sus reservas acumuladas. Como consecuencia de la respiración y los procesos metabólicos involucrados, se pueden reconocer diferentes formas de cambios ó pérdidas en los productos agrícolas almacenados:

a. Pérdida de agua:

El agua es el compuesto más abundante en los productos percederos (más del 70% del peso fresco), y es el que más rápido se pierde durante la respiración. Desde el punto de vista de post-cosecha, el **déficit de presión de vapor de agua** es la medida más importante, pues mide la diferencia en la presión del vapor de agua al interior de un producto almacenado y su entorno. Cuanto mayor sea el déficit de presión de vapor de agua (mayor

gradiente), mayor será la pérdida de agua. Se estima que si un producto ha perdido por esta vía un promedio de 5% de su peso fresco, éste ya es indeseable en el mercado. Las lenticelas y estomas son las vías naturales de salida y entrada de agua e intercambio gaseoso en tubérculos y, hojas y tallos respectivamente .

b. Redistribución de carbohidratos:

Está referido principalmente a la degradación de las reservas acumuladas (almidón y sacarosa) de fotosintatos en azúcares durante el proceso respiratorio. Dado que el almidón representa en promedio el 2% a 40% del peso seco de los productos agrícolas, la forma más apreciable de la degradación de almidón será una substancial pérdida de peso de los mismos.

c. Compuestos nitrogenados:

Está referida a la degradación de proteínas principalmente en hojas y frutos.

d. Pérdida de clorofila y otros pigmentos:

Es un problema en productos como los frutos, hojas y tallos, cuyo color intenso y brillante es deseado. Sin embargo, en otras circunstancias la aparición de pigmentos como el verdeamiento de la papa por la formación de clorofila resulta indeseable. Los pigmentos carotenoides pueden ser degradados.

e. Cambios nutricionales:

Pueden ocurrir pérdida de vitaminas, como la vitamina C si las condiciones de almacenamiento después de la cosecha no son adecuadas para la mayoría de las frutas.

La combinación de todas estas formas de pérdidas inciden directamente en una reducción substancial de los atributos de calidad que caracterizan a todo producto y de las “expectativas de vida” en almacenamiento de los productos agrícolas perecibles. Por ser los principales órganos de transpiración y fotosíntesis de la planta y carecer de capacidad de almacenamiento de fotosintatos, las hojas y tallos son los productos más susceptibles a un rápido deterioro. Por eso se recomienda su rápida refrigeración para reducir su temperatura de campo.

6. Cómo reducir las pérdidas?

a. Refrigeración y “calor de campo”:

A la cosecha, los productos agrícolas tienen una determinada temperatura llamada “**calor de campo**”. Es de vital importancia la reducción del calor de campo mediante refrigeración para reducir la tasa respiratoria a fin de asegurar la preservación del producto y de sus atributos de calidad. De lo contrario el proceso de respiración se acentúa iniciándose el deterioro y descomposición del producto.

La temperatura de refrigeración varía de acuerdo al producto pero oscilan entre 5°C y 10°C, evitando siempre las temperaturas de congelación para evitar dañar la integridad celular que se reflejarán como áreas necróticas visibles a simple vista.

El origen y naturaleza de los tejidos (meristemático o vegetativo) del producto determina el mayor o menor incremento de la tasa respiratoria a medida que aumenta la temperatura. Así por ejemplo, el espárrago tendrá una mayor tasa respiratoria que la lechuga cuando hay un incremento de temperatura.

En agroexportación de productos frescos, donde la exigencia de los estándares de calidad no admite deficiencias, resulta imprescindible y de crucial importancia el establecimiento de condiciones permanentes de refrigeración desde la cosecha hasta los puntos de comercialización (“**cadena de frío**”) para asegurar que los atributos de calidad de los productos cosechados (ejm. flores cortadas, espárragos frescos, uvas etc.) lleguen en óptimas condiciones hasta los consumidores finales en los mercados internacionales.

b. Humedad relativa en almacén y control del déficit de presión de vapor:

Para reducir las pérdidas de agua es necesario minimizar el déficit de presión de vapor de agua. La humedad y temperatura son parámetros importantes para lograr este objetivo. La humedad de la atmósfera del almacén deberá mantenerse a un nivel que produzca una presión de vapor similar a la presión de vapor existente al interior del producto. Por lo general esto se consigue con altos valores de humedad relativa, 95% a 99% para productos con tejidos suculentos, y 60% a 70% para productos con bajo contenido de agua.

Al bajar la temperatura, se reduce la máxima cantidad de agua que un volumen de aire puede almacenar. En consecuencia, el déficit de presión de vapor de agua entre un producto almacenado y su entorno se reducirá a una determinada humedad relativa, reduciéndose las pérdidas de agua. Del mismo modo, un producto recién cosechado se encuentra a mayor temperatura (calor de campo) y contiene más agua que su entorno, por lo que se recomienda cosechar “en frío” y refrigerar inmediatamente a fin de evitar pérdidas de agua.

c. Relación: superficie / volumen

El concepto de la relación superficie / volumen está referido a la relación existente entre la mayor o menor superficie total para el intercambio gaseoso que existen entre diferentes productos con dimensiones y texturas diferentes, y que pueden ocupar un mismo volumen. Así por ejemplo, en un espacio de 20cm x 20cm x 20cm, podrían ubicarse 8 naranjas o un melón. En el primer caso, la superficie total y volumen de las naranjas suman 2513 cm² y 4189 cm³ respectivamente, mientras que las mismas dimensiones para el melón son de 1256 cm² y 4189 cm³ respectivamente. Este ejemplo ilustra el hecho de que dentro de un espacio, si un objeto aumenta su tamaño sin cambiar de forma, se produce una progresiva disminución de su relación superficie/volumen en relación a otro(s) objeto(s) más pequeño de forma similar (ver Figura 2) ubicado en el mismo espacio. Por lo tanto, de este ejemplo se deduce que las naranjas están más expuestas a pérdidas de agua que el melón por su mayor superficie de intercambio. Esta pérdida puede ser mayor si consideramos que por lo general las superficies de los productos agrícolas no son uniformes y poseen rugosidades que incrementan la superficie de intercambio.

En el manejo en post-cosecha de productos agrícolas resulta de primordial importancia la reducción de la tasa de respiración con el fin de minimizar las pérdidas. La manera de reducir la tasa de respiración dependerá de la naturaleza del producto y su relación superficie/volumen, que puede determinar una mayor área para el intercambio gaseoso y eventualmente mayores riesgos de pérdidas en caso de desbalance. Sin embargo, en post-cosecha las condiciones ambientales de almacenamiento pueden ser manipuladas para prevenir este tipo de situaciones, y compensar la relación superficie/volumen.

d. Ventilación y manipuleo:

El movimiento de aire o ventilación en el almacén es una consideración importante para evitar las pérdidas en post-cosecha. Sistemas de ventilación adecuada evitan la acumulación de los productos de la respiración: CO₂ y temperatura, coadyuvando a la vez a mantener una baja tasa respiratoria de los productos cosechados en almacén.

Otra forma importante de reducir la tasa respiratoria es evitando el manipuleo excesivo y/o brusco de los productos que ocasionan lesiones y heridas abiertas, éstas a su vez representan vías para la pérdida de agua y el acceso a bacterias oportunistas. Los tubérculos de papa por ejm. pueden “cicatrizarse” heridas leves si están bajo condiciones de almacenamiento con humedad relativa alta (95%) y temperatura baja (10°C), pero lo hacen a expensas de elevar la tasa de respiración y de sus reservas almacenadas. Este aspecto del mercadeo local de papa carece por completo de atención, lo que explica las elevadas pérdidas en post-cosecha.

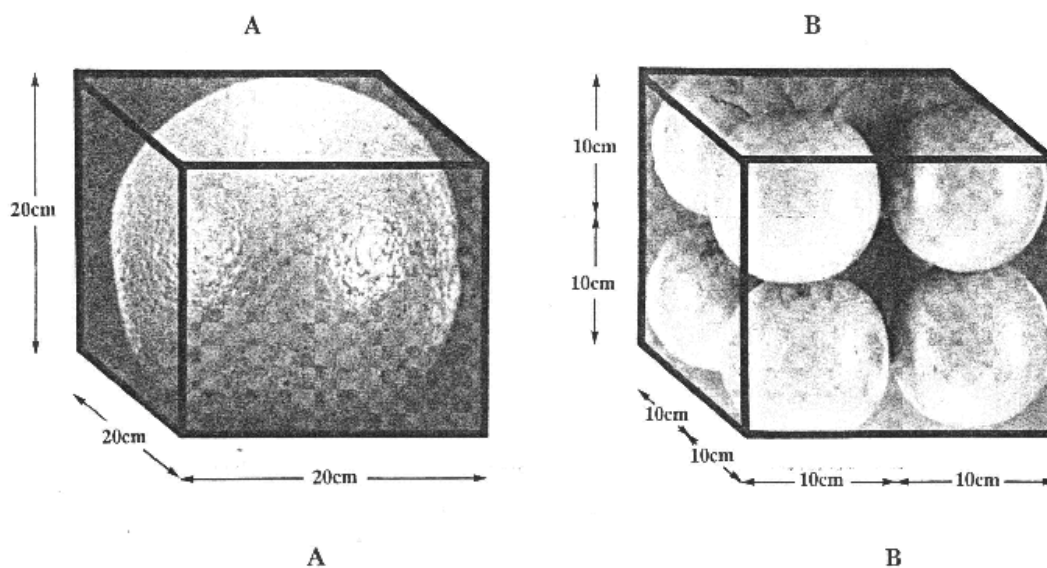
e. Contenido de humedad:

En el caso de granos y cereales (maíz, trigo, cebada) el contenido de humedad en el grano a la cosecha es de vital importancia para el almacenamiento a mediano y/o largo plazo. Es necesario proceder al secado del grano hasta un 14% de contenido de humedad para evitar la hidrólisis de la molécula de almidón del endospermo y la consecuente iniciación de la germinación por el aumento de la respiración del embrión. El secado del grano no debe ser tampoco excesivo para evitar fracturar el grano al momento del manipuleo.

f. Iluminación:

La presencia de luz en el almacenamiento de los productos cosechados es a veces contraproducente por cuanto mantienen una actividad fotosintética que es preferible evitar. Por ejemplo, los tubérculos de papa son tallos modificados que contienen brotes, ellos son influenciados por la presencia de luz; y debido a una mayor relación: superficie / volumen su pérdida de agua por las lenticelas será mayor. Por lo tanto, es recomendable almacenar el tubérculo de papa en oscuridad, a una humedad relativa de 95% y una temperatura de 10°C. Por otro lado, el sistema eléctrico de iluminación puede generar calor lo que incentivaría la respiración.

Figura 2. Relación entre el tamaño del producto y la superficie disponible para la difusión de gases al exterior e interior del tejido.



$$\begin{aligned} \text{Superficie del fruto: } [4 (10 \text{ cm})^2 \times 3.1416] \text{ 1 fruto} &= 1256 \text{ cm}^2 < [4 (5 \text{ cm})^2 \times 3.1416] \text{ 8 frutos} = 2513 \text{ cm}^2 \\ \text{Volumen del fruto: } [4/3 (10 \text{ cm})^3 \times 3.1416] \text{ 1fruto} &= 4189 \text{ cm}^3 = [4/3 (5 \text{ cm})^3 \times 3.1416] \text{ 8 frutos} = 4189 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen B / Volumen A} = 1$$

$$\text{Area Superficial B / Area Superficial A} = 2$$

7. Conclusiones:

Todos los productos agrícolas son entes vivientes y la función metabólica que los caracteriza es la respiración. Después de cosechados los productos agrícolas pasan a depender exclusivamente de las reservas acumuladas, y es a través del proceso de la respiración que las reservas son consumidas para la supervivencia del producto cosechado.

Las técnicas de post-cosecha como el manipuleo y almacenamiento a mediano y/o largo plazo, buscan reducir la tasa respiratoria de los productos cosechados a fin de preservar sus atributos de calidad, asegurando el abastecimiento de los mercados en épocas de escasez y la obtención de mejores precios para el productor.

Los diferentes patrones observados en la actividad respiratoria en los frutos cosechados, permite diferenciarlos en: frutos climatéricos, aquellos que pueden ser cosechados en estado pre-climatérico y madurados fuera de la planta; y los frutos no climatéricos.

Resulta de crucial importancia determinar el momento preciso de cosecha en los frutos climatéricos para permitir la aparición de sus atributos de calidad a la madurez comercial. Se recomienda la investigación a fin de establecer el momento más oportuno de cosecha en los diferentes productos agrícolas de exportación.

Es necesario crear conciencia entre productores, comerciantes mayoristas y agroexportadores para difundir prácticas apropiadas de post-cosecha para la preservación de los atributos de calidad de los productos cosechados. Así como de contar con almacenes provistos de adecuados sistemas de ventilación y refrigeración, situados cerca a los centros de producción y de mercadeo.

Es necesaria la difusión y conocimiento de los estándares internacionales de calidad para los diferentes productos agrícolas de exportación a fin de promover la competitividad de la agricultura nacional y el aprovechamiento de sus ventajas comparativas.