

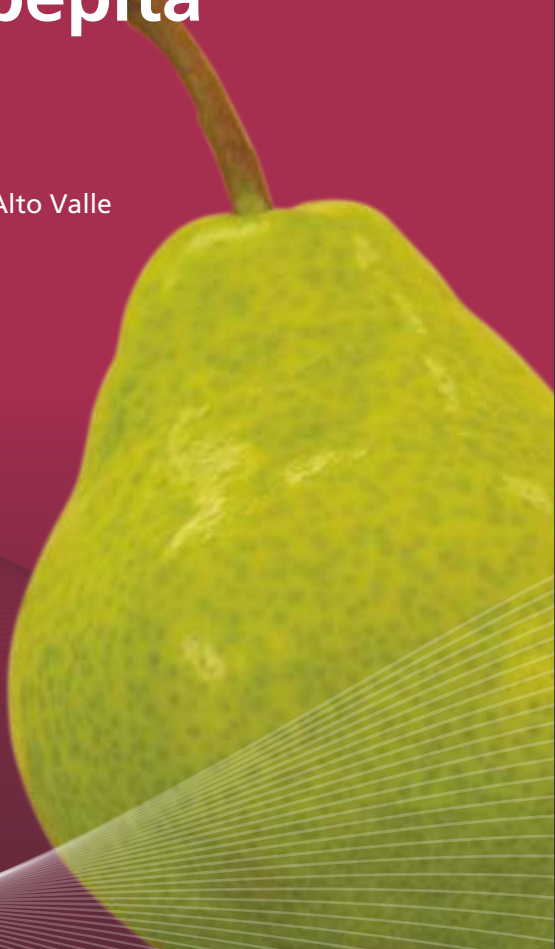
Cosecha y poscosecha de frutos de pepita

Gabriela Calvo

Adrián Colodner

Ana Paula Candan

Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle
Centro Regional Patagonia Norte



■ **Ediciones**

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



COSECHA Y POSCOSECHA DE FRUTOS DE PEPITA

COSECHA Y POSCOSECHA DE FRUTOS DE PEPITA

COORDINADORES

Gabriela Calvo
Adrián Colodner
Ana Paula Candan

PUBLICADO EN

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Centro Regional Patagonia Norte
Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle
Ruta Nacional 22, km 1190, Allen, Río Negro,
Argentina.
Casilla de Correo 782 (8332) General Roca,
Río Negro, Argentina.
Tel. +54-298-4439000
Fax. +54-298-4439063
altovalle@correo.inta.gob.ar
www.inta.gob.ar/altovalle

REVISIÓN TÉCNICA

Comité Editorial de la EEA Alto Valle del INTA

CORRECCIÓN Y DISEÑO

Carlos Bellés
María Julieta Calí
Sebastián Izaguirre

Cosecha y poscosecha de frutos de pepita / Mariana
Aceñolaza ... [et.al.]. - 1ª ed. -

Buenos Aires : Ediciones INTA, 2012.

40 p. : il. ; 21x15 cm.

ISBN 978-987-679-125-0

1. Cosecha. 2. Poscosecha. 3. Frutos de Pepita.

I. Aceñolaza, Mariana

CDD 630

Hecho el depósito que prevé la ley 11.723

Reservados todos los derechos de la presente edición para todos los países. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente en ninguna de sus formas sin el previo consentimiento por escrito de los autores.

Impreso en Argentina / Printed in Argentina

ÍNDICE DE AUTORES
POR ORDEN ALFABÉTICO

Aceñolaza, Mariana
Alonso, Clarisa
Aragón, Jorge
Barnes, Norma
Boltshauser, Verónica
Cabana, Agustín
Calvo, Gabriela
Candan, Ana Paula
Colodner, Adrián
Criado, Esteban
Diamante, Ana
Díaz, Karina
Di Masi, Susana
Edelstein, Ricardo
Faggoti, Pamela
Fernández, Miriam
Franco, Carlos
García, Alberto
García, Maricel
Giambelluca, Adriana
Gomila, Teófilo
Evangelista, Federico
Lavezzini, Karina
Mercuri, Estefanía
Monachesi, Alejandro
Mrozek, Mariana
Navarro, Mariela
Ortega, Néstor
Peralta, Osvaldo
Ramino, Melisa
Ramírez, Paula
Riquelme, Roxana
Satragni, Daniel
Striebeck, Guillermina
Teixe, Mariela
Toranzo, Jorge
Uno, Susana
Urraza, Soledad
Villagra, Erika
Ziaurriz, Sergio

7	INTRODUCCIÓN
9	1- MADURACIÓN
9	1.1. Índices de madurez y de cosecha
9	1.2. Determinación de la madurez
11	1.3. Determinación del momento de cosecha
13	2- COSECHA
13	2.1. Muestreo
13	2.2. Recomendaciones para la cosecha y transporte
17	3- POSCOSECHA
17	3.1. Enfriamiento
18	3.2. Preenfriado
19	3.3. Métodos de preenfriado:
19	a) Cámara frigorífica
20	b) Aire forzado (túnel)
21	c) Hidrocooling
23	3.4. Almacenamiento frigorífico
25	4- ESTIBADO
25	4.1. Control de temperatura
27	4.2. Circulación de aire
28	4.3. Deshidratación
29	5- PROCESAMIENTO
30	5.1. Control de ingreso
30	5.2. Ducha de bines
30	5.3. Línea de empaque
34	5.4. Frigorífico
34	5.4.1. Influencia de los gases sobre la calidad de los frutos
34	5.4.2. Sistemas de almacenamiento
34	a) Frío convencional
35	b) Atmósfera modificada
36	c) Atmósfera controlada
36	d) Atmósfera controlada dinámica
37	e) Inhibidor de la acción de etileno (1-MCP)
39	5.5. Expedición y despacho
39	5.6. Trazabilidad

INTRODUCCIÓN

Para alcanzar la calidad requerida por los consumidores, las frutas de pepita son sometidas a cuidadosos procesos de cosecha, clasificación, empaque, conservación y distribución. Esto requiere, además, una importante interrelación entre los sectores productivo, industrial y de servicios. La fruticultura regional se orienta fuertemente a los mercados externos, por lo cual la actividad se encuentra inmersa en un contexto de cambios globales que han generado diversos impactos en el sistema en su conjunto, así como en cada uno de sus actores.

El nuevo estado de situación requiere de una dinámica competitiva diferente. Con el fin de contribuir al abordaje de esta problemática, los principales actores de la fruticultura regional se reunieron para elaborar estas “Pautas de cosecha y poscosecha de frutas de pepita”.

En este trabajo participaron cuarenta profesionales de distintas instituciones de la región, como el INTA Alto Valle, la Secretaría de Fruticultura de Río Negro, la Universidad Nacional del Comahue y el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), de empresas y del sector independiente. La modalidad de elaboración conjunta le asigna a esta nueva publicación una riqueza adicional, producto de la visión y experiencia compartida y consensuada entre los especialistas de la región.

Con respecto al contenido de este documento, el lector encontrará pautas para comprender el proceso de maduración de los frutos, que conducen a la determinación del momento más propicio de cosecha y las prácticas más adecuadas de cosecha y empaque, así como a la aplicación de las diversas tecnologías disponibles para diferir el aprovechamiento de los frutos sin detrimento de su calidad.

I - MADURACIÓN

1.1. *Índices de madurez y de cosecha*

Para determinar el momento óptimo de cosecha, conocer la calidad y evaluar la capacidad de conservación de la fruta es necesario definir una serie de variables conocidas como *índices de madurez*. Estos varían a medida que el fruto madura en el árbol o durante la conservación. Son ejemplos el color, la firmeza, el contenido de sólidos solubles, la acidez, etc.

Un buen índice de madurez es aquel que presenta una variación importante a lo largo del proceso de maduración. En general, no se utiliza uno solo, sino que es deseable emplearlos conjuntamente con el fin de tener un conocimiento más certero del estado del fruto.

La *firmeza de la pulpa* es el índice que mejor representa los cambios fisiológicos que se producen en las peras y por lo tanto es el que se utiliza comúnmente para definir la cosecha de esta especie. En cambio, en manzanas, la *degradación de almidón* tiene un mejor comportamiento, aunque en variedades bicolors como Gala o Cripp's Pink es importante considerar también el color de fondo.

Los *índices de cosecha* son aquellos índices de madurez fácilmente observables y, por lo tanto, utilizados a campo para indicar a los cosechadores cuáles son los frutos que deben ser recolectados, como el porcentaje con color de cobertura, el color de fondo, el tamaño, etc.

No siempre un buen índice de madurez será un buen índice de cosecha. Por ejemplo, la firmeza es un buen índice de madurez para frutos de pepita porque, a medida que éstos maduran, la firmeza disminuye en forma notoria. Sin embargo, no es un buen índice de cosecha porque no puede indicársele a un cosechador que identifique y recolecte los frutos que tengan un determinado valor de firmeza, sino que debe darse un parámetro fácilmente visible.

1.2. *Determinación de la madurez*

La *edad del fruto* es el tiempo transcurrido, expresado en número de días, entre el estadio de plena floración (75% de flores abiertas) y el momento adecuado para el inicio de la cosecha comercial. Es un índice no destructivo y se comporta como un buen indicador de la madurez (Tabla 1).

Tabla 1. Edad del fruto promedio de los 10 últimos años para las variedades de peras y manzanas más importantes de la región

	<i>Variedad</i>	<i>Edad del fruto</i>
<i>Pera</i>	Williams	106
	Beurré D'Anjou	128
	Packham's Triumph	138
<i>Manzana</i>	Gala	117
	Red Delicious	138
	Granny Smith	165

En el caso particular de peras Williams es recomendable tener en cuenta este índice además de los valores de firmeza, ya que se ha observado que a igual valor de firmeza del lote, a medida que aumenta la edad del fruto disminuye el potencial de conservación, favoreciendo el desarrollo de fisiopatías asociadas a la madurez avanzada, como el decaimiento interno de la pulpa. En cosechas tardías con edad de fruto avanzada coexisten lotes con fruta de diversos estados de madurez, lo cual puede tener consecuencias negativas en la conservación prolongada.

El *color* de la epidermis, ya sea de fondo o de cobertura, se define por comparación con tablas de color específicas para cada variedad o mediante un colorímetro.

La *firmeza* se determina con un penetrómetro en dos puntos opuestos del plano ecuatorial del fruto, haciendo un corte tangencial poco profundo para remover la epidermis. Se utiliza un émbolo de 8 mm de diámetro en peras y uno de 11 mm en manzanas. La penetración se efectúa hasta una profundidad de 10 mm, en forma perpendicular a la superficie del fruto.

Sobre el jugo obtenido de los frutos de toda la muestra se evalúa el contenido de *sólidos solubles* con un refractómetro y la *acidez titulable* por titulación con NaOH 0,1 N, hasta un punto final de un pH de 8,2.

Para determinar la *degradación de almidón* se deben cortar los frutos por la zona ecuatorial e introducir la superficie de corte en una solución de Lugol hasta su tinción. Luego se define el porcentaje de degradación de almidón por comparación con tablas varietales.

1.3. Determinación del momento de cosecha

En la región de los valles de Río Negro y Neuquén, el inicio de la cosecha de peras y manzanas debe ser autorizado por el SENASA, de acuerdo con las fechas establecidas por el Programa Regional de Madurez. El objetivo de este programa es definir la primera fecha aceptable de cosecha (“sello”) de las principales variedades de pepita, sobre la base de índices de referencia (Tabla 2 y Tabla 3). Para ello se elabora un calendario tentativo de cosecha que luego es ajustado mediante un muestreo semanal de madurez de cada variedad. Los resultados son analizados y discutidos por la Comisión del Programa de Madurez, que sugiere al SENASA las fechas definitivas de cosecha.

A partir de la fecha del “sello”, el momento oportuno de cosecha se determina en función del destino de la fruta y del tiempo de conservación previsto. Si el destino es el consumo inmediato, puede considerarse un grado más avanzado de madurez al momento de cosecha. En cambio, si se planea el almacenamiento prolongado, la recolección debe realizarse cuando la fruta presente la madurez adecuada para larga conservación. También se debe considerar la susceptibilidad a enfermedades fisiológicas y patológicas. Si la cosecha es temprana, los frutos serán más sensibles a algunas fisiopatías como la mancha amarga (*bitter pit*) y la escaldadura superficial, entre otras. Si es tardía, se incrementa la susceptibilidad de los frutos a las podredumbres y fisiopatías como el decaimiento interno.

Tabla 2. Índices de madurez para inicio de cosecha de peras

Variedad	Firmeza de pulpa (lb)	Contenido de Sólidos Solubles (%)	Acidez Titulable (g/l)	Degradación de Almidón (%)
<i>Clapp's Favourite</i>	14 - 16	10 - 11		25 - 30
<i>Red Clapps</i>	14 - 16	10 - 11		25 - 30
<i>Williams</i>	20 - 21	> 10	3 - 4	20 - 25
<i>Red Bartlett</i>	19 - 21	> 10	3 - 4	20 - 25
<i>Beurré D'Anjou</i>	15,5 - 16,5	10 - 11	3,5 - 4	20 - 25
<i>Packham's Triumph</i>	15,5 - 17,5	10 - 11	3,5 - 4	20 - 30
<i>Abate Fetel</i>	12 - 12,8	> 11	2,5 - 3	30 - 40
<i>Beurré Bosc</i>	12 - 13,2	> 12	2 - 3	25 - 35
<i>Comice</i>	11 - 12	> 12	2 - 3	20 - 35
<i>Conference</i>	13,5 - 15,5	> 11	2 - 3	20 - 30
<i>General Leclerc</i>	11 - 12	> 12	2,5 - 3	20 - 40
<i>Forelle</i>	13,5 - 15,5	> 13	2,5 - 3,5	20 - 30
<i>Peras Asiáticas</i>	7,5 - 10	14 - 15	2 - 3	> 75

Tabla 3. Índices de madurez para inicio de cosecha de manzanas

<i>Variedad</i>	<i>Firmeza de pulpa (lb)</i>	<i>Contenido de Sólidos Solubles (%)</i>	<i>Acidez Titulable (g/l)</i>	<i>Degradación de Almidón (%)</i>	<i>Color Tabla</i>
<i>Golden Delicious</i>	14 - 16	10 - 11	5 - 7	> 20	VA - AV
<i>Gala</i>	17 - 18,5	11 - 12	3,5 - 5	25 - 30	F2-F3
<i>Red Delicious</i>	16 - 18,5	> A 10	3 - 4	20 - 25	
<i>Granny Smith</i>	14,5 - 16	10 - 11	8 - 8,5	20 - 30	
<i>Braeburn</i>	16,5 - 18,5	> A 12	4,5 - 5	30 - 35	
<i>Fuji</i>	15,5 - 17,5	> A 14	< A 4	35	
<i>Pink Lady</i>	16 - 18,5	> A 13	7 A 7,5	30 - 50	VCP
<i>Rome Beauty</i>	17 - 19	10,5 A 12	4 - 5	20 - 30	

2 - COSECHA

2.1. *Muestreo*

Para determinar la madurez de la fruta de un cuadro o parcela se debe tomar una muestra representativa de acuerdo con estas pautas:

- Recorrer toda la parcela y seleccionar al menos 10 plantas representativas del tipo más frecuente y homogéneamente distribuidas (tener en cuenta el tipo de suelo, edad de las plantas, etc.).
- Cosechar al menos 20 frutos que se encuentren a la altura del hombro (1,40 m), alrededor de la copa en montes libres y en ambas caras de la fila en las espalderas. Los frutos deben ser representativos del tipo comercial deseado, considerando aspecto, tamaño, color, estado sanitario, etc.
- Tener en cuenta que los frutos de la zona más expuesta al sol presentan un estado de madurez más avanzado y los sombreados uno menos avanzado que el promedio de los frutos del lote.
- Comenzar con los muestreos unos días antes de la fecha probable de inicio de cosecha fijada en el calendario tentativo del Programa Regional de Madurez, debido a que ésta se encuentra sujeta a variaciones entre un año u otro y puede adelantarse.

2.2. *Recomendaciones para la cosecha y el transporte*

La cosecha es un proceso clave de la producción de frutos de pepita, ya que determina la calidad del producto obtenido y por lo tanto el porcentaje de fruta apta para comercializar. Se debe evitar producir golpes y heridas, y descartar la fruta que no cumple con las condiciones de calidad deseadas, tales como frutos asoleados, con manchas, calibres inapropiados, porcentaje de color insuficiente, etc. La recolección de este tipo de fruta ocasiona un incremento innecesario de los costos de cosecha, transporte y enfriado.

La capacitación previa de los cosechadores y la supervisión de las operaciones de cosecha son tareas muy importantes.

La cosecha mecanizada puede resultar una alternativa interesante como factor de disminución de costos, debido a un aumento del rendimiento y una mejora de la calidad de los frutos cosechados; siempre y cuando los sistemas de conducción se adapten a la implementación de esta práctica.

Las tareas de cosecha se deben ajustar a las recomendaciones descriptas en la Guía de Buenas Prácticas de Higiene, Agrícolas y de Manufactura para la producción primaria (cultivo-cosecha), acondicionamiento, empaque, almacenamiento y transporte de frutas frescas, del SENASA (Resolución N° 510/02). Asimismo, deben cumplir los requisitos de la Norma del Cosechador Frutícola Versión Regional (Código de Registro MTEYSS N° 62622173).

A continuación se enumeran recomendaciones generales para la cosecha:

- Dar a los cosechadores directivas precisas de las pautas de cosecha, indicando las características de la fruta a recolectar. Definir el color, el tamaño mínimo y la tolerancia permitida de defectos visibles, a fin de preseleccionar la fruta desde el campo. Utilizar algunos frutos como ejemplo para mostrar las características a tener en cuenta.
- Distribuir los bines en la parcela de manera tal que se reduzca el traslado de los cosechadores y, por lo tanto, los tiempos de cosecha. Ubicarlos en lugares donde se faciliten los movimientos para retirarlos del interfilas.
- Los cosechadores deben tener las uñas cortas y no deben usar anillos, pulseras o relojes, ya que pueden generar daños en la fruta y cualquier lesión aumenta el riesgo de podredumbres.
- Antes de empezar a cosechar, verificar que los cosecheros y bines se encuentren limpios y en buen estado. La presencia de ramas, pasto, maderas rotas o clavos incrementa la incidencia de heridas, mientras que el polvo y la tierra favorecen los daños por abrasión o roce. También deben extremarse los cuidados para impedir la contaminación de los frutos con residuos orgánicos. La presencia de semillas es una limitante para la comercialización de fruta en ciertos mercados.
- Acolchar el interior de los cosecheros y los bines, para evitar los daños por abrasión.
- Utilizar recolectores de boca ancha, que permitan ingresar la mano completa y colocar la fruta en el fondo. Ajustar las sogas del cosechero para que el largo de la bolsa no supere la altura de las rodillas y se eviten golpes en los frutos al caminar.
- Identificar visualmente los frutos antes de tocarlos o desprenderlos. Evitar tocar o mover aquellos que no van a ser cosechados, ya que pueden caerse. No debe recolectarse la fruta cuando está mojada, muy húmeda, o cuando está en el suelo.
- Evitar la caída de frutos maduros, cosechando primero aquellos que se encuentran en la parte baja y externa del árbol y luego los que están dentro de la planta.

- Mantener siempre el recolector pegado al cuerpo. Al cosechar fruta de la zona baja de la planta, es preferible apoyar una rodilla en el suelo que agacharse, para evitar que el recolector se balancee. Al terminar con la parte baja, colocar la escalera para cosechar en la parte alta. No sacar frutos que no están a nuestro alcance o demasiado altos.
- Tomar el fruto suavemente con la palma de la mano, con el dedo índice en el pedúnculo, sin ejercer presión en el fruto. Mediante una leve torción hacia arriba, desprenderlo de la rama fructífera. La fruta debe recolectarse con pedúnculo completo y sin hojas ni dardos. Se debe tomar un fruto por vez y cosechar con las dos manos. No pasar el fruto entre manos. Con la mano que se cosecha se coloca en el recolector.
- Introducir la fruta en el recolector protegiéndola con el dorso de la mano. Apoyar la mano en el fondo y soltar suavemente. Si se desprendió un dardo, se debe retirar antes de colocar la fruta en el recolector.
- Vaciar el recolector con cuidado, para prevenir golpes y daños por pedúnculo. El procedimiento correcto consiste en apoyar el recolector en el fondo del bin y levantarlo lentamente, acompañando la salida de la fruta con una mano. Extremar los cuidados en las primeras descargas, ya que la mayor parte de los golpes se produce contra el fondo de los bines. En algunas variedades muy sensibles a golpes puede ser necesario usar protector en el fondo.
- Controlar la calidad de la fruta descargada en el bin para comprobar que cumple con las características exigidas, y descartar aquella que no las cumple. Evitar el exceso de manipulación de la fruta durante este proceso.
- Comenzar el llenado del bin desde las esquinas y finalmente en el centro, hasta cubrir el fondo de fruta. Continuar el llenado en el sector más bajo, para evitar diferencias de altura. El llenado desparejo provoca que los frutos rueden desde la parte alta y se golpeen entre ellos. No se debe sobrepasar la capacidad de llenado de los bines, para evitar daños por compresión durante su apilado.
- Cosechar fruta en lotes homogéneos, respetando las indicaciones de los índices de madurez recomendados para cada variedad. Para ello, identificar las parcelas que suelen madurar con anterioridad y tener en cuenta las zonas del árbol que maduran antes debido a su mayor exposición al sol (las zonas altas o la cara norte del árbol en las plantaciones orientadas este-oeste).
- Reducir al mínimo el número de manipulaciones (trasbordes y movimientos), ya que se incrementa la cantidad de lesiones. Los frutos golpeados tienen una maduración más rápida a causa de una mayor tasa respiratoria.

- Cosechar la fruta durante las horas frescas del día y mantener los bins a la sombra. Los frutos cosechados no deben exponerse directamente al sol, porque su temperatura se eleva considerablemente en pocos minutos, pudiendo superar en 10°C a la temperatura ambiente.
- Disponer de un adecuado transporte y logística, para minimizar el incremento de calor de campo y el costo de enfriamiento. La fruta cosechada debe llegar al galpón de empaque y enfriarse cuanto antes.
- No dejar los bins con fruta en la chacra durante las interrupciones de la jornada de trabajo (por ejemplo, al mediodía) o de un día para el otro. La permanencia de la fruta durante la noche en los bins y camiones no bajará su temperatura significativamente, y el tiempo perdido en alcanzar la temperatura de conservación afectará su vida poscosecha.
- Cubrir los bins con media sombra para prevenir la exposición directa al sol y el polvo. Si es posible, la malla debe ser de color blanco ya que el color negro favorece el incremento de la temperatura. Las mallas cobertoras no deben estar en contacto con la fruta y deben permitir la circulación de aire. No cubrir la fruta del bin con ramas, pasto ni rastrojos.
- Si es posible, lavar la fruta en la chacra para eliminar polvo y favorecer un enfriamiento durante el transporte al empaque. Tener en cuenta la calidad del agua utilizada desde el punto de vista sanitario. Esta operación no se debe realizar si el transporte implica largos recorridos por caminos de tierra.
- Emplear una menor presión en las ruedas del tractor, para disminuir los daños por impacto durante el transporte de los bins, principalmente si el estado de las calles no es bueno.
- Se recomienda el uso de camiones simples para pocos bins (chasis) o semi-remolques para mayor cantidad de bins, y no utilizar estas opciones con acoplado. El camión debe circular a baja velocidad y el sistema de amortiguación debe estar en perfectas condiciones, siendo el sistema de suspensión por aire el más indicado.
- Colocar una tarjeta abrochada a cada bin para mantener la trazabilidad de la fruta hasta el momento de empaque definitivo. La identificación debe incluir el nombre del productor o de la chacra, variedad, cuadro, UMI, fecha de cosecha y cosechador.

3- POSCOSECHA

3.1. *Enfriamiento*

El objetivo del enfriamiento en poscosecha es remover el calor de los frutos para disminuir la tasa respiratoria, reducir la producción de etileno y minimizar la pérdida de agua, con el fin de extender la vida de los frutos durante el almacenamiento.

El fundamento de la conservación a bajas temperaturas es que al bajar la temperatura de la pulpa se reduce la actividad respiratoria y, en consecuencia, el deterioro de los frutos (Tabla 4). Por esta razón, después de la cosecha la fruta debe ser enfriada lo más rápido posible, ya que el retraso en la reducción de la temperatura disminuye significativamente el potencial de conservación, dependiendo del estado de madurez y de la temperatura.

Tabla 4. Efecto de la temperatura en la tasa de deterioro (Kader, 2002)

Temperatura (°C)	Velocidad de deterioro relativa	Vida en estante relativa	Pérdida por día (%)
0	1	100	1
10	3	33	3
20	7,5	13	8
30	15	7	14
40	22	4	25

Existen dos fuentes de calor que afectan a los frutos:

- Calor de campo: es el que la fruta adquiere por estar expuesta a condiciones ambientales como la temperatura ambiente y la exposición al sol. Es la fracción de calor que debe ser removida al momento de llegar la fruta desde el campo.
- Calor de respiración: es el que la fruta produce debido a su propia actividad respiratoria. Es la fracción de calor que debe ser removida a lo largo de todo el periodo de almacenamiento frigorífico.

3.2. Preenfriado

Cualquiera sea el método utilizado, el objetivo del preenfriado es eliminar el calor de campo de los frutos en el menor tiempo posible, y es el que más energía requiere para ser eliminado.

La diferencia entre la temperatura inicial de los frutos y la del fluido conductor (agua o aire) junto con el método utilizado determinan el tiempo de preenfriamiento. Se denomina tiempo medio de enfriamiento al tiempo necesario para reducir a la mitad esta diferencia de temperatura.

El tiempo necesario para disminuir los primeros 7/8 de diferencia de temperatura (87,5%) es el mismo que se requiere para eliminar el último 1/8 (12,5%). Por esta razón, extender el preenfriado más allá de los 7/8 puede resultar ineficiente en términos energéticos y operativos (Figura 1). Sin embargo, el preenfriado de fruta embalada deberá extenderse hasta alcanzar la temperatura más próxima a la óptima de almacenamiento, debido a que el material de empaque (cajas, bolsas, palletizado, etc.) dificulta su enfriamiento posterior.

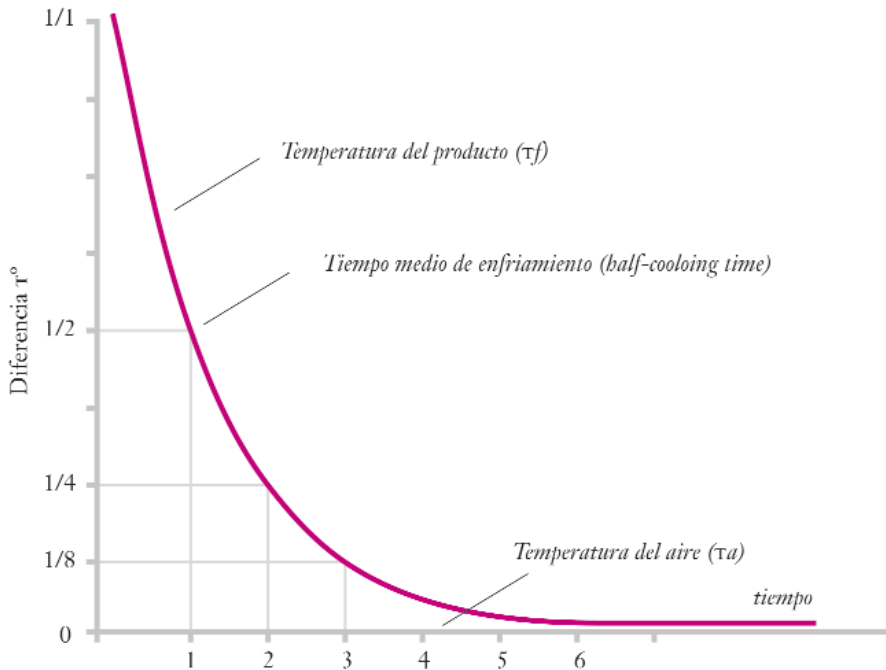


Figura 1. Curva de preenfriado (adaptado de Guillou, 1960)

3.3. Métodos de preenfriado

Los métodos más utilizados para realizar el preenfriado son: cámara frigorífica, aire forzado e hidrocooling, cada uno con sus ventajas y desventajas (Tabla 5). La velocidad de enfriamiento (tiempos medios) difiere significativamente entre ellos (Figura 2).

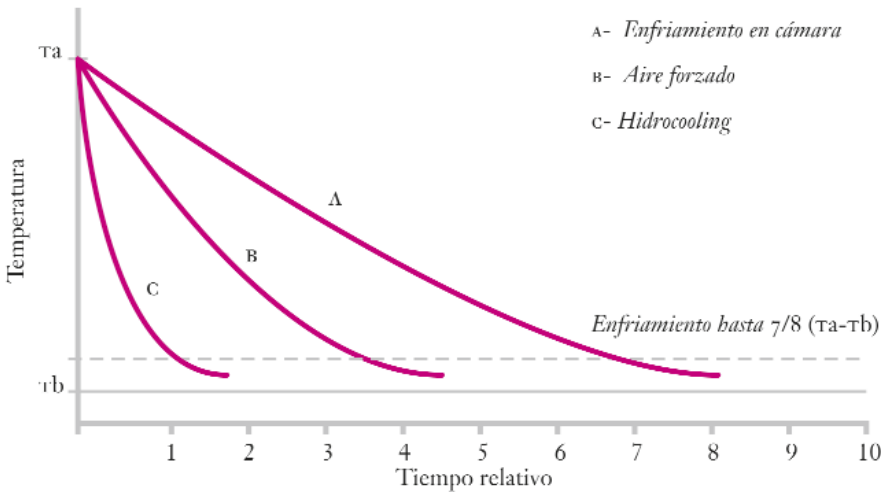


Figura 2. Curvas de enfriamiento comparativas entre enfriamiento en cámara, por aire forzado o hidrocooling (adaptado de Guillou, 1960).

a) Cámara frigorífica

El preenfriado se realiza en una cámara frigorífica convencional donde el aire frío no es forzado a entrar al interior de las cajas o bins, ni a circular entre los frutos, por lo cual el enfriamiento es lento.

El volumen de fruta a enfriar debe estar relacionado con la capacidad de enfriamiento del equipo, para garantizar que el preenfriado se efectúe en un tiempo adecuado (inferior a las 48 horas). Es aconsejable que las cámaras sean pequeñas, para obtener un mayor rendimiento y economía. Se recomienda evitar el ingreso de fruta “caliente” en cámaras que contengan fruta “fría”, con el fin de prevenir distintos estratos de temperaturas y el sobreenfriamiento de esta última.

No es recomendable usar este método de preenfriado en fruta embalada, ya que el material de embalaje y el palletizado obstaculizan la circulación del aire frío y el enfriamiento puede prolongarse demasiado.

Normalmente se emplean temperaturas de aire por debajo del punto de congelamiento de los frutos. Esto hace imprescindible su monitoreo, para prevenir problemas de congelamiento, principalmente en la fruta cercana a la salida del evaporador.

La ventaja de este método es que no requiere de altas inversiones y puede llevarse a cabo con la infraestructura existente en los establecimientos frigoríficos. Sus desventajas son la lentitud, la baja eficiencia en el uso de la energía y el incremento en la pérdida de agua de los frutos por deshidratación.

b) Aire forzado (túnel)

El preenfriado se basa en forzar la circulación del aire frío a través de la fruta y del envase (bines, cajas, bolsas, etc.). Esto se logra generando una diferencia de presión en un ambiente confinado y por medio de ventiladores, aumentando la tasa de transferencia de calor. Es necesario que los bines o cajas en los pallets posean canales o ventanas para la adecuada circulación del aire dentro de los envases. El preenfriamiento en túnel es el método más usado para fruta embalada.

El “tiempo medio de enfriamiento” es de 1 a 10 horas. Sin embargo, esto depende de la diferencia de temperatura entre el fruto y el aire frío, del flujo de aire frío y del diámetro de los frutos. La velocidad del aire es normalmente de 3 a 5 m/s, con un coeficiente de renovación de 100 a 150. Los frutos con temperaturas más altas en el momento del ingreso al almacenamiento pierden más agua que los de menor temperatura.

A menudo, los frutos se enfrían con aire forzado hasta alcanzar temperaturas ligeramente superiores a la óptima, y luego son trasladados a la cámara de conservación definitiva. En fruta embalada con bolsa de polietileno se debería llegar a la temperatura más cercana posible al régimen de conservación, ya que este tipo de envase dificulta aún más el enfriamiento.

Las ventajas de este método son su rapidez y eficiencia en fruta embalada. Las desventajas son que requiere una mayor inversión en instalaciones que el método por cámara frigorífica y que incrementa la pérdida de agua de los frutos por deshidratación.

c) *Hidrocooling*

El preenfriamiento se logra al mojar la fruta con agua fría, normalmente entre 0 a 2°C. Este sistema es más rápido que los mencionados, ya que la capacidad de intercambio de calor del agua es aproximadamente 20 veces mayor que la del aire. La velocidad del proceso depende de la temperatura del agua y de la velocidad de su circulación.

El agua debe estar en movimiento para evitar estratificaciones de temperatura y eventual congelamiento. Debe filtrarse para eliminar impurezas y ser de buena calidad química y microbiológica. Se debe renovar periódicamente y adicionarle algún desinfectante, por lo general en base a cloro, para minimizar la posibilidad de contaminación. En este caso, se debe mantener una concentración de cloro libre de 100-150 ppm, la cual debe monitorearse con frecuencia, ya que la materia orgánica y la variación del pH del agua favorecen la pérdida de cloro activo. El pH del agua debe mantenerse entre 6,5-7,5.

El diseño del bin y su recubrimiento deben facilitar que el agua escurra para mantener un caudal de circulación adecuado.

El tiempo de permanencia en *hidrocooling* debe permitir reducir aproximadamente 7/8 de la diferencia de temperatura inicial de la fruta, lo que se logra en general después de 30 y 40 minutos en peras y manzanas. Este método es el más recomendable para enfriar fruta en bines y el más indicado para peras.

Sus ventajas son la rapidez y eficacia en el uso de energía, así como la reducción de la pérdida de agua por deshidratación. Sus desventajas son que no puede realizarse en fruta embalada, que requiere una elevada inversión en instalaciones y que puede incrementar el riesgo de podredumbres.

Tabla 5. Resumen de las características que definen las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas de preenfriado utilizados para frutos de pepita

	<i>Cámara frigorífica convencional</i>	<i>Aire forzado</i>	<i>Hidrocooling</i>
Transferencia del calor	Conducción	Convección	Conducción
Pérdida de peso*	0,1-2%	0,1-2%	0-0.5%
Conductor del frío	Aire frío	Aire frío forzado	Agua fría
Tiempo de enfriamiento 7/8 estimado	>36 HS	24-36 HS	30 a 40 min
Eficiencia energética	Baja	Media	Alta
Inversión edilicia	Baja	Media	Alta
Envases a enfriar	Fruta en bins y embalados en pallets abierto	Fruta en bins y embalados	Fruta en bins
Especies	Manzana	Manzana y pera	Cereza, durazno, ciruela, nectarines y peras
Demanda de tiempo operativo	Baja	Media	Alta

* Fuente Thompson, 1978

3.4. Almacenamiento frigorífico

Luego del preenfriado se debe terminar de enfriar la fruta hasta alcanzar la temperatura definitiva de conservación recomendada para cada especie y variedad. Es necesario asegurar que la temperatura sea homogénea y estable durante todo período de almacenamiento en la cámara frigorífica.

Las frutas, como todo ser vivo, respiran absorbiendo oxígeno (O_2) y eliminando dióxido de carbono (CO_2), agua y calor, utilizando sus reservas como fuente de energía. La pérdida de dichas reservas durante la respiración implica: *a*) pérdida de calidad organoléptica y nutricional; *b*) deshidratación y consecuente pérdida de kilos de fruta; y *c*) liberación de energía como calor (calor de respiración), que depende del producto y de la temperatura (Tablas 6, 7 y 8).

El potencial de conservación de los frutos varía en forma inversa a la tasa de respiración: a mayores tasas, más corto es el potencial de conservación. En general, las manzanas tienen una tasa de respiración baja y las peras, moderada. Asimismo, ésta es afectada por la concentración de O_2 y de CO_2 en la atmósfera donde se almacena la fruta.

Tabla 6. Tasa respiratoria y de producción de etileno de distintas variedades de peras y manzanas a 0°C

Especie	Variedad	Respiración (ml/kg•h)	Etileno (µl/kg•h)
Manzana	Granny Smith	2-4	1-6
	Gala	6.5-8	4-12
	Golden Delicious	3-6	1-10
	Fuji	4-6	2 - 4
	Red Delicious	2-5	1-10
Pera	Williams	2-3	0.1-0.5
	Beurré D'Anjou	1	2

Fuente: Mitcham, Crisosto y Kader. <http://postharvest.ucdavis.edu/indicadoresbasicos/#fruitsmelons>

Tabla 7. Tasa respiratoria ($\text{ml CO}_2/\text{kg}\cdot\text{h}$) y tasa de producción de etileno ($\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{h}$) de peras Williams a distintas temperaturas

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	0	10	20
Tasa respiratoria	2-3	6-8	15-35
Producción de etileno	0.1-0.5	2-4	20-100

Tabla 8. Tasa respiratoria ($\text{ml CO}_2/\text{kg}\cdot\text{h}$) y tasa de producción de etileno ($\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{h}$) de manzanas Red Delicious a distintas temperaturas

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	0	10	20
Tasa respiratoria	2-5	5-10	12-25
Producción de etileno	1-10	5-40	20-125

Hay otra serie de factores que modifican la tasa de respiración de los frutos. Entre ellos se encuentran:

Variedad: Usualmente, las variedades de maduración precoz alcanzan el pico climático antes, y éste es más acentuado que en las variedades tardías.

Calibre del fruto: El tamaño de los frutos se corresponde con el número de células. La intensidad respiratoria es más alta cuanto mayor es el número de células del fruto (a frutos más grandes, mayor respiración).

Fecha de cosecha: La intensidad respiratoria de los frutos suele presentar un máximo respiratorio más alto cuando éstos se cosechan más tarde.

Golpes y heridas: Los golpes y heridas sobre los frutos provocan, en general, una intensificación del máximo respiratorio.

Por estas razones, se recomienda no mezclar variedades ni lotes con distinto estado de madurez en la misma cámara, así como mantener los rangos de temperaturas adecuadas para cada especie y variedad.

4- ESTIBADO

El correcto estibado del producto facilita la adecuada circulación del aire para mantener una temperatura homogénea dentro de la cámara.

- El llenado de la cámara debe comenzar por la pared opuesta al equipo de frío, distribuyendo los envases en toda la pared de forma homogénea, para maximizar la superficie expuesta al aire frío.
- En el caso de fruta en bines, los envases se deben disponer dentro de la cámara favoreciendo la circulación del aire a través de ellos y no entre ellos (por ejemplo, en forma “trabada”).
- En el caso de fruta embalada es recomendable utilizar envases de las mismas dimensiones y mantener la distancia y el espacio entre columnas. De no ser posible, agrupar por tamaño y tipo de envase en cada fila.
- Se debe garantizar la homogeneidad de la circulación del aire dentro de la cámara, para lo cual se aconseja realizar lecturas de velocidad de aire en distintos sectores, con un anemómetro.
- No colocar envases frente a la salida de aire del equipo de frío. En las 3 ó 4 primeras filas cercanas a éste, situar los envases por debajo del flujo de aire para evitar el congelamiento y minimizar la deshidratación. No interrumpir la circulación del aire en la parte superior de la cámara (tamaño uniforme de los envases y altura de las columnas). Se recomienda dejar al menos 50 cm entre el techo y la última fila de envases.
- El aire frío es impulsado por la parte superior de la cámara, atraviesa las estibas y vuelve al equipo de frío por la parte inferior. Los envases abiertos de la parte superior de la cámara, especialmente aquellos expuestos al flujo directo del aire frío, deben protegerse con un film plástico o similar para reducir la deshidratación.

4.1. *Control de temperatura*

Durante la conservación frigorífica, la temperatura debe mantenerse lo más uniforme posible. Como ésta no es igual en todos los sectores de la cámara frigorífica, es importante monitorearla para evitar problemas de congelamiento o temperaturas por encima de la óptima. Para tal fin se utilizan termómetros de aire y de pulpa convenientemente ubicados.

Es recomendable contar con dos termómetros de aire en cada cámara:

Termómetro 1: debe estar ubicado en la zona de aspiración del aire, por debajo del equipo de frío, ni muy cerca de la pared, ni próximo a los envases. Como ésta es la zona más “caliente” de la cámara, esa temperatura es normalmente la que activa o desactiva el funcionamiento de los equipos.

Termómetro 2: debe estar en la zona de salida del aire frío, que es la zona más fría de la cámara, para controlar temperaturas mínimas y evitar problemas de congelamiento.

La diferencia de temperatura entre el retorno (termómetro 1) y la salida de aire frío (termómetro 2) es un indicador de la tasa de remoción de calor de la fruta por parte del sistema de refrigeración. Esta diferencia es muy importante durante el enfriamiento inicial de los frutos, pero debería mantenerse lo más baja posible durante el período de almacenamiento frigorífico.

La temperatura de la fruta es, en general, más alta que la del aire. Para medirla en la pulpa existen diferentes tecnologías. El instrumento más utilizado es el termómetro portátil con punta metálica, comúnmente llamado “pincha-frutas”. Pero también hay sistemas más tecnificados que permiten tener información en tiempo real, almacenar y analizar datos en una PC, y/o inclusive alimentar con esa información el sistema de automatización y control del equipo frigorífico. Estos equipos más complejos requieren de una mayor inversión y se usan en plantas con cámaras modernas de atmósfera controlada.

De manera similar a lo que ocurre con la temperatura del aire, es importante identificar el rango de temperaturas de la fruta (máxima y mínima) y las zonas en las que se producen. Algunos sectores de interés para este tipo de monitoreo son:

1. En la parte superior de la estiba, inmediatamente debajo de la salida del aire frío, o en la pared del fondo opuesta al equipo de frío, ya que son los sectores más expuestos a sobreenfriamiento.
2. En el centro del volumen de la cámara. Si en este sector la temperatura es superior a la óptima de conservación, esto puede indicar deficiencias en la circulación de aire.

Otras mediciones de temperatura pueden ser utilizadas para caracterizar alguna situación particular del funcionamiento de la cámara y/o control de la correcta conservación de la fruta. Por ejemplo, medir la temperatura del aire a 5-10 cm del techo permite comprobar el aislamiento en verano. Cuando la temperatura de este sector es superior a la del resto de la cámara es porque existen problemas de aislamiento, lo cual implica un aumento del funcionamiento de los equipos, del gasto energético y de los problemas de deshidratación.

Existen distintos conceptos en relación a la temperatura y el daño que ésta puede causar en los frutos. Es importante conocer los umbrales óptimos, críticos y letales para cada variedad y realizar monitoreos periódicos para evaluar los riesgos.

- a) *Temperatura óptima*: es aquella en la que el fruto se conserva hasta el punto que no aparecen alteraciones. No es igual para todas las especies y variedades. Puede bajarse cerca del límite mínimo, pero nunca tiene que ser inferior al punto de congelación del fruto.
- b) *Temperatura crítica*: es aquella por debajo de la cual pueden aparecer alteraciones irreversibles, como el deterioro de las características organolépticas, la maduración deficiente, alteraciones fisiológicas, etc.
- c) *Temperatura letal*: es aquella por debajo de la cual se produce la congelación. La congelación modifica el estado físico de los tejidos y ocasiona su muerte. El punto de congelamiento de la fruta disminuye a medida que aumenta el contenido de sólidos solubles, por lo que se reduce el riesgo de daños por congelamiento. Sin embargo, las temperaturas de conservación por debajo del umbral recomendado pueden provocar estrés por frío sin llegar a congelar la fruta. Los daños por congelamiento se producen cuando la temperatura de la fruta se encuentra por debajo del punto de congelación durante un lapso prolongado. En peras, estos daños aparecen a partir de $-1,9^{\circ}\text{C}$; mientras que en manzanas a partir de $-1,4^{\circ}\text{C}$, dependiendo de la susceptibilidad de los frutos (variedad, estado de madurez, etc.), del tiempo de exposición y de la atmósfera utilizada.

4.2. *Circulación de aire*

La circulación y renovación de aire son importantes para mantener una temperatura, humedad y concentración de gases producidos por el metabolismo de los frutos (etileno, alfa farnasenos, CO_2 , etc.) homogéneas dentro de la cámara, durante la conservación. Para ello se deben respetar las indicaciones de estibado mencionadas. La circulación se realiza por la acción de los ventiladores del equipo de frío, y la renovación de aire mediante la apertura de las cámaras, en el caso de cámaras de frío convencional. En cámaras de atmósfera controlada esta práctica no puede efectuarse, siendo necesario el uso de equipos adsorbedores o catalizadores.

4.3. Deshidratación

La pérdida de agua de los frutos se produce a través de los procesos de respiración y transpiración.

La tasa de respiración, como ya se mencionó, difiere según la especie, la variedad, la temperatura, la concentración de O_2 y CO_2 en la atmósfera de almacenamiento, etc.

La transpiración se produce por la diferencia de presión de vapor entre la atmósfera saturada del interior del fruto y la atmósfera que lo rodea. La tasa de transpiración de un fruto depende de factores como:

- La especie, variedad, tamaño, tipo de epidermis, presencia de rugosidades, lesiones y estado de madurez del fruto.
- La humedad relativa (HR) de la cámara: cuanto menor sea ésta, mayor será el déficit de presión de vapor entre el fruto y el aire. La HR disminuye a medida que aumenta la diferencia de temperatura entre el aire de la cámara y el aire a la salida del evaporador o “temperatura de expansión de gases” (Tabla 9). Durante la conservación se debe buscar que esta diferencia sea la mínima posible.
- La demora del ingreso de la fruta al frío, el pre-enfriamiento prolongado, la temperatura y velocidad del aire en la cámara.
- El tipo de embalaje (la presencia de bolsas reduce significativamente la tasa de transpiración), la distribución de las estibas, la calidad del aislamiento de la cámara y la duración del almacenamiento.

Tabla 9. Humedad relativa de la cámara según la diferencia de temperatura entre el aire y la temperatura de expansión de gases

T° aire a la salida del evaporador ($^\circ C$)	Temperatura de la cámara ($^\circ C$)				
	$-3^\circ C$	$-1^\circ C$	$0^\circ C$	$1^\circ C$	$3^\circ C$
$-8^\circ C$	65	55	50	48	41
$-6^\circ C$	78	66	60	56	48
$-4^\circ C$	92	78	72	67	57
$-2^\circ C$	-	92	85	79	68
$0^\circ C$	-	-	100	93	81
$1^\circ C$	-	-	-	100	87
$2^\circ C$	-	-	-	-	93

5- PROCESAMIENTO

La reglamentación nacional de Frutas Frescas no cítricas establece que el proceso de empaque se debe realizar en un establecimiento registrado y habilitado por el organismo oficial competente, de acuerdo con la Resolución SENASA 48/98.

Después de la cosecha, la fruta es transportada en bines hasta el establecimiento de empaque, donde puede ser procesada inmediatamente o almacenada en cámaras frigoríficas para su procesamiento posterior (Figura 3). Ya sea empaquetada o en bines, el almacenamiento puede prolongarse desde unos pocos días hasta un año. Dependiendo de la estrategia técnica y comercial de cada empresa, la fruta puede ser tratada con productos fitosanitarios antes de su conservación.

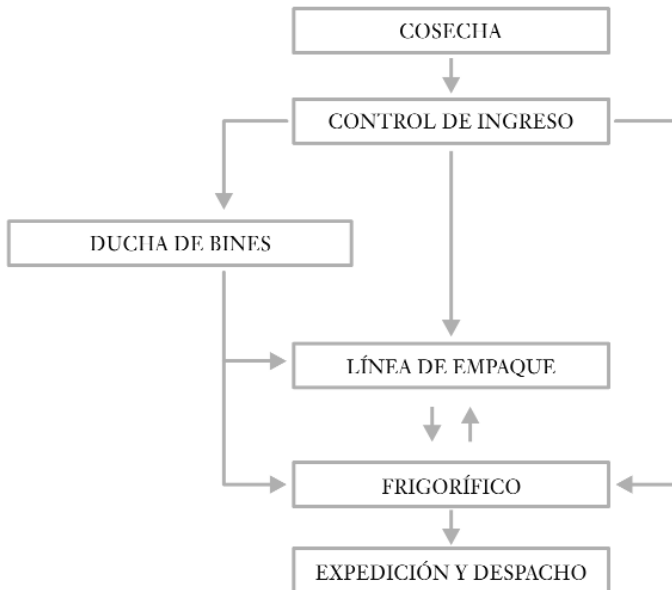


Figura 3. Flujo general de la fruta cuando llega al establecimiento de empaque después de la cosecha

5.1. Control de ingreso

En el control de ingreso se efectúan las siguientes operaciones:

- Verificación y generación de la documentación correspondiente a cada lote: remito de salida de chacra, tarjeta de identificación de bin, reporte de daño y, si corresponde, declaración jurada de fitosanitarios aplicados.
- Análisis cuantitativos, cualitativos y sanitarios de la fruta, para definir su destino. Para ello, se debe observar primero el aspecto general del lote y tomar luego una muestra representativa, según la heterogeneidad y tamaño del mismo.

5.2. Ducha de bines

Cuando el destino de la fruta es el almacenamiento prolongado, el lote puede ser lavado y tratado directamente sobre el camión con productos antiescaldantes, fungicidas o calcio mediante un sistema de ducha o *drench*. Se deben respetar las recomendaciones especificadas en el marbete de cada producto y la legislación vigente para cada país de destino.

5.3. Línea de empaque

Existen dos modalidades de trabajo:

“*En caliente*”: la fruta se procesa directamente cuando llega del campo, sin enfriamiento previo, y luego se enfría en cajas paletizadas.

“*En frío*”: la fruta proveniente del campo se enfría en bines y se procesa luego de un período de almacenamiento en cámara frigorífica. Las desventajas de esta modalidad de trabajo son: a) el costo adicional debido a que se enfría un porcentaje de fruta que con posterioridad será descartada comercialmente, y b) pueden ocurrir “saltos térmicos” en la temperatura de la fruta.

El proceso de empaque implica una secuencia de operaciones realizadas por máquinas y por personal entrenado para el acondicionamiento, clasificación y embalado. En el procesamiento pueden identificarse las distintas etapas (Figura 4).

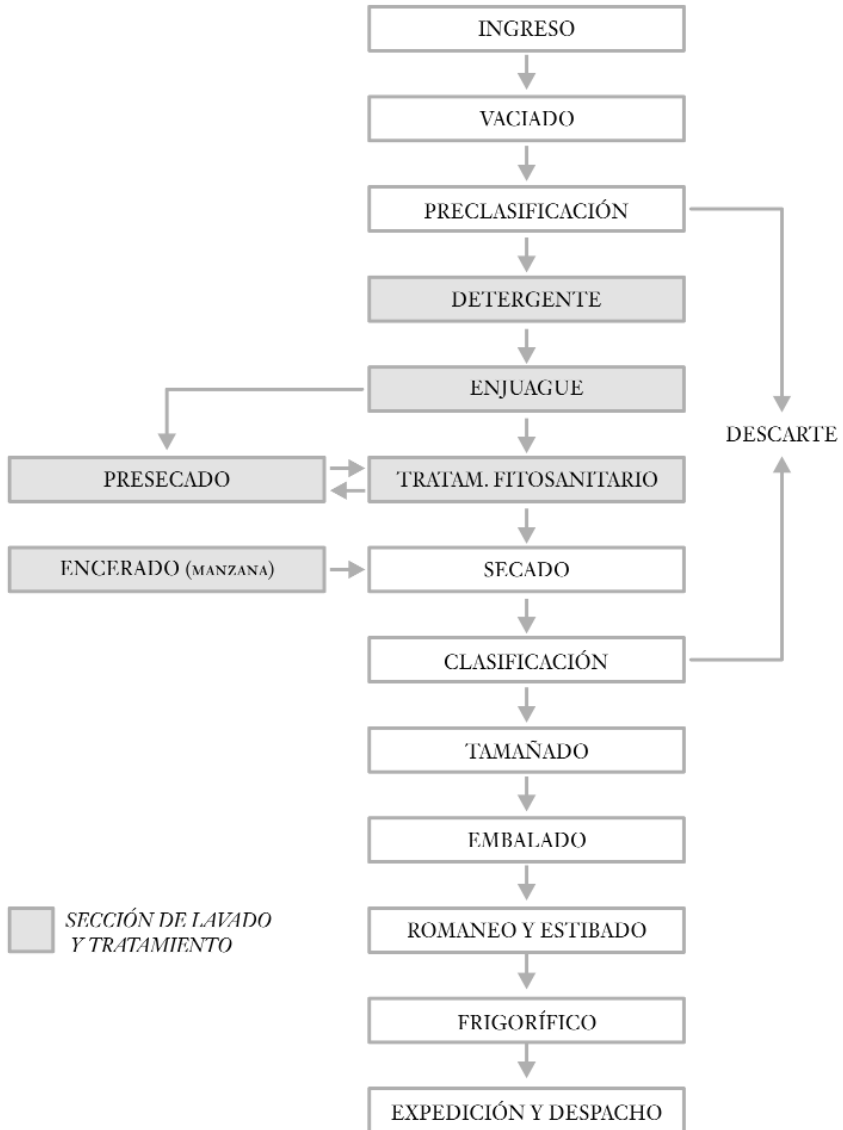


Figura 4. Flujo general del proceso de empaque de fruta de pepita

- a) *Vaciado*: el proceso comienza con la descarga de la fruta contenida en bines, cuyo peso puede variar entre 350 y 450 kilos. El sistema más utilizado es la hidroyersión, que minimiza los daños mecánicos y permite trabajar con volúmenes de fruta elevados, aumentando el rendimiento global del resto del proceso. En este sistema, el bin se sumerge en una batea con agua o hidroyersor y la fruta sale por flotación o por volcado (eco-vaciador).
- b) *Preclasificación*: la noria de elevación extrae la fruta del hidroyersor y la transporta hasta la mesa de preclasificación. Una vez ahí se lleva a cabo una primera selección, para descartar frutos con defectos de calidad groseros. La realización o no de esta tarea depende de las condiciones de la fruta procesada, y es más importante en lotes con un alto porcentaje de defectos.
- c) *Sección de lavado y tratamiento*: es la sección de la línea donde se procede al lavado de la fruta, la aplicación de productos fitosanitarios y el encerado (en manzanas). El módulo de lavado consiste en cepillos que giran sobre su propio eje y sobre los cuales la fruta avanza rotando por efecto del empuje que provocan los frutos que vienen ingresando por detrás. El lavado se realiza con agua potable sobre los primeros cepillos. Para facilitar la remoción de suciedad y cera natural (en manzanas) se puede agregar detergente, el cual deberá enjuagarse.

A continuación, se aplican productos fitosanitarios destinados al control y prevención de enfermedades patológicas (ej. podredumbres) y fisiológicas (ej. escaldadura superficial). En la actualidad, el sistema más utilizado es la aplicación mediante boquillas de pulverización sin recuperación del caldo de tratamiento, aunque también podrían emplearse otros sistemas mediante bandejas perforadas o vertederos, de fácil limpieza y que contemplan la recirculación del líquido. En el caso del uso de boquillas, se recomiendan las de abanico plano, ubicadas de manera de lograr una superposición de al menos un 30% entre las distribuciones de cada una de ellas. Además, debe darse un ángulo de cruzamiento en relación al eje de la barra, a fin de evitar que choquen los abanicos planos adyacentes.

El encerado se realiza para mejorar el aspecto externo del fruto dándole brillo, con el fin de reemplazar la cera natural eliminada en el lavado y reducir la deshidratación. Para lograr un buen encerado, luego del lavado con detergente se enjuaga la fruta con agua limpia y caliente, aproximadamente a 50°C. Luego se procede al presecado con aire forzado, para lograr la formación de una película de cera bien nivelada. La aplicación de cera se efectúa directamente sobre la fruta mediante boquillas en forma de micro aspersion.

- d) *Secado*: este proceso se lleva a cabo mediante aire forzado con ventiladores, para acelerar el secado de la fruta. En el caso de las manzanas se utiliza, además, aire caliente (aproximadamente 50°C), para acelerar la evaporación del agua contenida en la película de cera aplicada y permitir su rápido endurecimiento.
- e) *Clasificación*: el objetivo de este procedimiento consiste en seleccionar la fruta para su comercialización en diferentes grados de calidad, de acuerdo con la reglamentación vigente y según la estrategia comercial de cada empresa. Esta selección se basa en aspectos de calidad externa de los frutos tales como el color, la forma, la presencia de manchas, heridas, lesiones, etc. Tradicionalmente la clasificación se efectúa en forma manual, pero en la actualidad existen selectores ópticos de color y sistemas de detección no destructivos que permiten diferenciar la calidad de la fruta de manera automatizada.
- f) *Tamaño*: se realiza mediante una tamañadora, que puede ser mecánica o electrónica.

Las mecánicas discriminan los frutos en función de su peso o de su diámetro, y las hay de platillos, de cinta, de rodillos, de malla, etc. Las más utilizadas en frutas de pepita son las de peso.

Las electrónicas son más usadas que las anteriores, por su alto rendimiento y precisión. Poseen cadenas transportadoras con platillos plásticos que contienen los frutos en forma individual, o rodillos en el caso de las de cadena inteligente. Hay dos tipos: por peso y ópticas.

De acuerdo con la demanda del cliente, se pueden colocar etiquetas adhesivas en cada fruto al inicio de esta operación.

- g) *Embalado*: finalmente, la fruta seleccionada según su grado de calidad y tamaño es embalada en los diferentes tipos de envases comerciales. El proceso de embalado puede ser manual o mecánico. Se pueden utilizar bandejas, papel sulfito o bolsas, según especie, variedad, tipo de envase y demanda comercial. Los envases deben ser nuevos, estar limpios y cumplir con la legislación del país de destino. Además, tienen que estar aprobados por el organismo competente y contener la información que define la Legislación vigente (Decreto Ley n° 9244-63).

En el sistema manual, los frutos son tomados individualmente de la cinta transportadora o del “tambor” por un operario, y colocados en bandejas dentro del envase correspondiente, el cual, una vez lleno, circula sobre una cadena transportadora hacia el sector de romaneo y estibado.

El sistema de embalado mecánico se realiza a través de llenadoras de bandejas por traslado de frutos, o por sistemas neumáticos que succionan los frutos uno por uno y los colocan por capas en bandejas dentro de las cajas. Este procedimiento permite aumentar el rendimiento global del proceso de empaque.

Las llenadoras de bins también trabajan mecánicamente y el llenado se controla con un sensor óptico que detiene el flujo de fruta.

h) Romaneo y estibado: en esta etapa se identifica el producto para mantener su trazabilidad. Los envases se palletizan de acuerdo con el tamaño y grado de calidad de los frutos, así como del envase y el destino. El palletizado se realiza generalmente en forma manual, pero existen tecnologías que permiten automatizarlo.

5.4. Frigorífico

5.4.1. Influencia de los gases sobre la calidad de los frutos

Las condiciones de bajo O_2 y alto CO_2 reducen la tasa respiratoria, la producción de etileno y la velocidad de las reacciones que conducen a la senescencia de los frutos. De esta forma se puede prolongar el período óptimo de conservación entre un 40-60% respecto de la conservación en frío convencional. La reducción en la tasa respiratoria implica, a su vez, una menor producción de calor de respiración del fruto.

Para evitar el paso de la respiración aeróbica a la anaeróbica (fermentación) se requiere una concentración mínima de O_2 , que depende de la especie y la variedad. La modificación atmosférica también puede afectar la producción de compuestos volátiles responsables del aroma en manzanas.

El bajo O_2 retrasa la pérdida de clorofila (color verde), reduce el ablandamiento, la pérdida de acidez y la incidencia de ciertas fisiopatías como la escaldadura superficial y los daños por frío.

El alto CO_2 reduce el desarrollo de podredumbres y acentúa el mantenimiento del color verde. Sin embargo, pueden aparecer ciertos desórdenes (ej., cavernas), debido a la combinación de alto CO_2 y bajo O_2 durante periodos prolongados.

Las peras son más susceptibles al daño por CO_2 que las manzanas. Cuando el O_2 es menor al 1-2% o el CO_2 es mayor 2-3% se incrementan los riesgos de aparición de este desorden fisiológico, dependiendo de la variedad.

5.4.2. Sistemas de almacenamiento

a) Frío convencional

Se basa en la conservación a temperaturas en torno a los 0°C, sin que intervengan otros factores reductores del metabolismo. El manejo de la temperatura es hasta

hoy la herramienta más efectiva para extender la vida poscosecha de los frutos, ya que reduce la respiración, el calor de respiración, la producción de etileno, la pérdida de agua y la susceptibilidad al ataque de patógenos.

La temperatura óptima de conservación varía según la especie. En general, se considera que la temperatura óptima de almacenamiento en peras es de $-0,5^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y en manzanas es de $0^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. A su vez, las variedades presentan diferencias entre sí (Tabla 10). Es importante mantener niveles de humedad relativa cercanos a 90% para reducir las pérdidas por deshidratación.

b) Atmósfera modificada

La conservación en atmósferas modificadas (AM) se refiere al almacenamiento en cualquier atmósfera con un contenido gaseoso diferente al del aire (21% de O_2 y 0,03% de CO_2). El aire se puede reemplazar por otra mezcla gaseosa (atmósfera modificada activa) o alterarse en el interior de un envase mediante la respiración de los frutos (atmósfera modificada pasiva).

En las atmósferas modificadas pasivas se utilizan bolsas dentro de las cuales se generan condiciones de bajo O_2 y alto CO_2 , que reducen la tasa metabólica, la pérdida de peso y de calidad de los frutos, prolongando su vida en poscosecha.

Actualmente existen en el mercado bolsas de polietileno de alta o baja densidad, de distinto espesor o micronaje. También se encuentran disponibles bolsas de permeabilidad selectiva a los gases o impregnadas con adsorbedores de etileno o CO_2 . Además del tipo de bolsa (permeabilidad a los gases y al vapor de agua) es importante considerar el tipo de fruto y la velocidad metabólica para estimar el consumo de O_2 y producción de CO_2 teniendo en cuenta la atmósfera deseada y los niveles de tolerancia a los distintos gases.

Otro aspecto a tener en cuenta es el método de cerrado de la bolsa, ya que el plegado es menos hermético que los cierres con ganchos o banditas elásticas. Es importante que se abran las bolsas una vez que se corta la cadena de frío, ya que a mayores temperaturas se incrementa la tasa respiratoria y se podrían alcanzar niveles de CO_2 tóxicos para los frutos.

En algunos casos se han encontrado resultados inconsistentes o niveles de CO_2 que pueden dañar el producto. El aumento de la condensación de agua dentro del envase podría favorecer el desarrollo de hongos.

Las bolsas de atmósfera modificada son más costosas que las de polietileno utilizadas tradicionalmente, y tienen un mayor requerimiento logístico durante el empaque debido a su tipo de cierre y a la necesidad de entrenamiento del personal para ello.

c) Atmósfera controlada

La atmósfera controlada (AC) consiste en reducir el contenido de O_2 e incrementar el de CO_2 con respecto a la composición en el aire. La proporción de ambos gases es controlada durante todo el periodo de almacenamiento del fruto en niveles preestablecidos.

Las cámaras deben estar a temperatura de conservación 24 horas antes de ingresar la fruta. La operación de llenado debe efectuarse lo más rápido posible, tratando de no excederse de los 7-10 días. No comenzar a generar la atmósfera hasta que la temperatura de pulpa haya alcanzado los niveles óptimos. Es recomendable parar los equipos de generación de atmósfera cuando se llega a niveles de O_2 del 5%. A partir de ese momento, el O_2 ira disminuyendo gradualmente por la propia respiración de los frutos.

Al abrir una cámara es importante restaurar el nivel de O_2 de forma gradual durante un periodo de 3-4 días. Para ello se deben abrir las escotillas y la puerta y aumentar el número de ventilaciones forzadas con el equipo frigorífico funcionando, de manera de favorecer el intercambio de aire.

d) Atmósfera controlada dinámica

El principio básico de la atmósfera controlada dinámica (ACD) consiste en bajar los niveles de O_2 a valores cercanos, pero no menores, al límite mínimo de O_2 tolerado por la fruta. Para ello es necesario monitorear y ajustar periódicamente los niveles de O_2 . Se utilizan sensores de fluorescencia de la clorofila que detectan el estrés debido a bajos valores de O_2 . Estos sensores han demostrado ser efectivos en manzanas, peras y otros frutos.

Los frutos conservados en ACD presentan menor producción de etileno, mayor retención de color verde, valores superiores de acidez titulable y un mayor control de la escaldadura superficial respecto de aquellos conservados en AC. Debe tenerse en cuenta que al bajar los niveles de O_2 se incrementa la susceptibilidad de los frutos al daño por CO_2 .

e) Inhibidor de la acción del etileno: 1-metilciclopropeno

En los últimos años se han descubierto algunos agentes inhibidores de la acción del etileno, entre los cuales se encuentra el 1-metilciclopropeno (1-MCP). Este compuesto ha demostrado ser efectivo en inhibir la acción del etileno y su aplicación en poscosecha retrasa la maduración y senescencia en diversos cultivos. El 1-MCP se ha definido como la innovación más trascendente desde el desarrollo de la atmósfera controlada en el sector de la poscosecha de fruta. En Argentina está registrado para su utilización en frutos de pepita, ciruelas y kiwis desde 2002. En la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, muchas empresas empacadoras-exportadoras tratan gran parte de la producción de manzanas con 1-MCP como complemento del uso del frío e incluso de la AC.

El 1-MCP en manzanas disminuye la producción de etileno, la tasa respiratoria, el ablandamiento, la pérdida de color verde y de acidez. Sin embargo, la aplicación en peras en ocasiones puede inhibir la normal maduración después del almacenamiento, por lo cual su aplicación comercial no está generalizada en esta especie. Se están evaluando diversas estrategias para revertir esta inhibición de la madurez, tales como la aplicación simultánea de 1-MCP con etileno o CO₂ y el manejo de la temperatura.

Además, este compuesto reduce ciertos desórdenes relacionados con la senescencia (como el decaimiento interno) y los daños por frío (ej., escaldadura superficial). En general, se considera como una alternativa efectiva a los productos químicos para el control de escaldadura en manzanas. Sin embargo, ciertas fisiopatías como las relacionadas con la deficiencia de calcio o los daños por CO₂ se pueden ver exacerbadas en fruta tratada con 1-MCP.

La ventaja de esta tecnología en manzanas con respecto a la AC es que la fruta tratada con 1-MCP mantiene una mejor calidad durante la vida en estante de los frutos, mientras que los efectos de la AC se pierden una vez que finaliza el almacenamiento.

Hay factores que afectan la efectividad del tratamiento con 1-MCP como la variedad, la concentración, la temperatura y duración del tratamiento, el tiempo entre la cosecha y el tratamiento, la madurez de los frutos, la duración de la conservación, entre otros.

Tabla 10. Condiciones y tiempos de almacenamiento por especie y variedad (Benítez, 2006)

VARIEDAD	ATMÓSFERA CONVENCIONAL		ATMÓSFERA CONTROLADA			
	Temperatura °C	Periodo almacenamiento	Temperatura °C	O ₂ %	CO ₂ %	Periodo alm. en meses
MANZANAS						
<i>Sansa</i>	-0,5/0	1-2	-	-	-	-
<i>Elstar</i>	-0,5/-0,75	2-3	-	-	-	-
<i>Gala y selecciones</i>				1,5	1	
	0	3-4	+0,5/+0,75	2	1,2	4-6
				3	1	
<i>Red Delicious y selecciones</i>	-0,5/+0,5	5-7	-0,5/+0,5	2	1,5-2	7-8
				1-1,5	1-2	
<i>Golden Delicious</i>	-5/+0,5	5-6	0/+0,5	2-3	3-5	
				1-1,5	<3	6-8
				1,5	1,5-2	
<i>Jonagold</i>	0	3-4	+0,8	1,5	2,5	5-6
<i>Granny Smith</i>	-0,5/+0,5	7-9	0/+0,5	2	1,5	10-12
				0,8-1,2	1	
<i>Rome Beauty</i>	0/+0,5	6-7	-	-	-	-
<i>Yellow Newton Pippin</i>	-0,5/+0,5	5-6	-	-	-	-
<i>Braeburn</i>	0/+0,75	4-5	+0,5/1	1,2-3	0,5-1,2	5-7
<i>Fuji</i>	0/+0,5	5-6	+0,5/1	1,2-2,5	0,8-1,3	6-8
<i>Pink Lady</i>	0	4-5	0	1,2-2,5	0,8-1,3	6-8
PERAS						
<i>Clapp's</i>	-1	1-1,5	-	-	-	-
<i>Red Clapp's</i>	-0,5/-1	1-1,5	-	-	-	-
<i>Williams</i>	-0,75/-1	3-4	-0,5/-1	2	1,3	7-8
				1,2	1	
<i>Red Bartlett y selec.</i>	-0,75/-1	3	-0,75	2	1,3	4-5
<i>Beurré D'Anjou</i>	-0,5/-1	5-7	-0,5	2	1,5	7-8
				1,5	1	
<i>Red Anjou</i>	-0,5/-1	5-7	-0,5	2	1,5	7-7
				1,5	1	
<i>Packham's Triumph</i>	0/-1	6-7	-0,5	2-3	1-2	8-9
<i>Abate Fetel</i>	-0,5	3-4	-0,5/0	2	1,3	5-6
<i>Beurré Bosc</i>	-0,75	4-5	-0,5/0	2	1-1,3	6-7
<i>Doyenné du Comice</i>	-0,5/+0,5	4	-	-	-	-
<i>Conference</i>	-0,5/+0,5	6-8	-	-	-	-
<i>General Leclerc</i>	-0,5/+0,5	3-4	0	2-3	2-3	3-4
<i>Winter Bartlett</i>	-0,5/-1	6-7	-	-	-	-
<i>Winter Nelis</i>	-0,5/-1	5-6	-	-	-	-
PERAS ASIÁTICAS						
<i>Shimiseiki</i>						
<i>Hosui</i>	0/+1	5-6	0/+1	3-5	3-4	5-6
<i>Nijisseiki</i>						

5.5. *Expedición y despacho*

En esta última etapa del proceso de empaque y almacenamiento se deben considerar los siguientes aspectos relacionados con la fruta, la logística y el transporte:

- Verificar la calidad y temperatura de la fruta a cargar, así como el correcto acondicionamiento de la carga.
- Mantener la cadena de frío durante la carga y transporte. Para ello es importante monitorear la temperatura.
- Verificar la higiene y el funcionamiento del equipo de frío del transporte.
- Garantizar el correcto llenado del camión o contenedor sin obstruir la circulación de aire.
- Cumplir con la documentación correspondiente de la partida a despachar.

5.6. *Trazabilidad*

Durante todo el proceso productivo (cultivo, cosecha, empaque, almacenamiento y transporte) se deben documentar todas las tareas involucradas en distintas etapas. Para ello se establecen instructivos, registros de datos e identificaciones relacionados entre sí, que permiten la trazabilidad de la fruta.

La trazabilidad se define como “la capacidad para seguir la historia, la utilización o la localización de la fruta por medio de identificaciones registradas”. Actualmente, esta herramienta resulta indispensable en cualquier sistema productivo de calidad. La trazabilidad permite el seguimiento y la caracterización de la fruta en cualquier punto de la cadena. De esta forma, ante un reclamo de parte de un cliente o consumidor podrá localizarse y retirarse total y rápidamente la mercadería y podrá investigarse, además, el origen del problema.

Este libro se terminó de imprimir
en junio de 2012 en
ARTEGRAF
Tel./Fax: 0299-4481010

En el área de poscosecha de la EEA Alto Valle se realizan determinaciones de madurez de frutos de pepita y carozo. Se realizan estudios para ajustar los índices de cosecha de las distintas variedades, incorporando evaluaciones de tecnologías no destructivas. Se evalúan métodos de enfriamiento y tecnologías de almacenamiento para garantizar la calidad de los frutos. Se realiza el diagnóstico de diferentes enfermedades fisiológicas y patológicas, así como recomendaciones técnicas para su control. Se estudian tecnologías de aplicación y efectividad de control de los productos químicos, al mismo tiempo que se evalúan alternativas al uso de los mismos. Se realizan estudios de pérdida de calidad por daños mecánicos.

En el área de poscosecha de la EEA Alto Valle se realizan determinaciones de madurez de frutos de pepita y carozo. Se realizan estudios para ajustar los índices de cosecha de las distintas variedades, incorporando evaluaciones de tecnologías no destructivas. Se evalúan métodos de enfriamiento y tecnologías de almacenamiento para garantizar la calidad de los frutos. Se realiza el diagnóstico de diferentes enfermedades fisiológicas y patológicas, así como recomendaciones técnicas para su control.

ISBN 978-987-679-125-0



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación