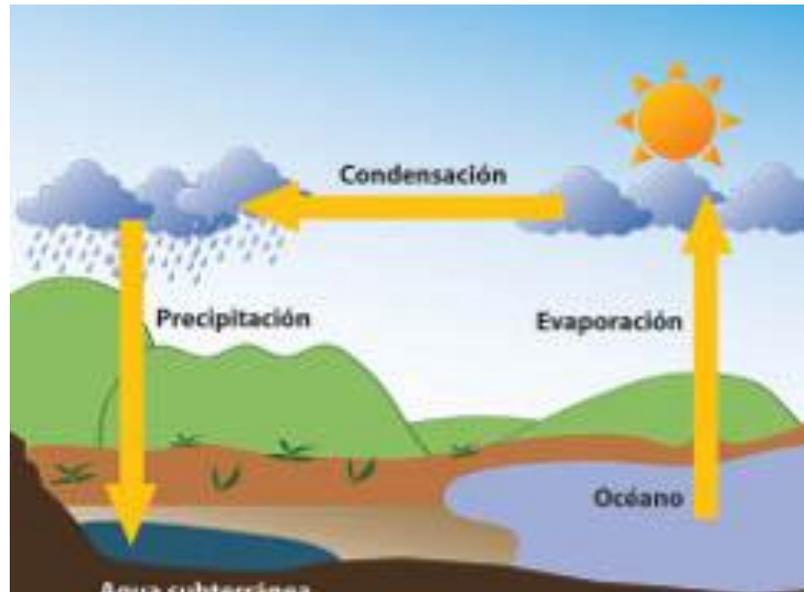


## HUMEDAD ATMOSFERICA



### Definición

La humedad atmosférica es el contenido de vapor de agua que se halla en la atmosfera. Esta varía de 0 a 5% en volumen total de la troposfera y proviene principalmente de la evaporación de los océanos, otra buena parte proviene de los lagos, ríos, superficies húmedas, respiración y transpiración de los seres vivos.

### Importancia

El porcentaje de agua que se encuentra en la atmosfera es insignificante con el que existe en los océanos, pero para la existencia de la vida del planeta es muy importante, porque origina el agua dulce. Si la humedad atmosférica estuviera uniformemente repartida por encima de la superficie terrestre y se precipitará en un momento determinado en forma de lluvia, cubriría toda esta superficie con una capa de agua de solamente 25mm de altura.

A la humedad atmosférica se le debe una serie de fenómenos que determina el tiempo y el clima de un lugar determinado.

La importancia que tiene la humedad atmosférica sobre nuestro planeta, se resume en:

- Es la responsable de la aparición de los hidrometeoros
- Origina el agua dulce que mantiene con vida a la mayoría de los seres vivos.
- Influye en la respiración y transpiración de los organismos vivos.
- Es un elemento del tiempo determinante en la clasificación de los diferentes tipos de clima.
- Regula la pérdida de calor que irradia la tierra, lo cual va a influir a su vez en el calentamiento y enfriamiento de la tierra.
- Representa una fuente de energía en forma de calor latente, que se libera al formarse las nubes.

## Índices de humedad atmosférica

El contenido de vapor de agua de la atmósfera puede ser expresado en términos de presión, densidad, humedad específica, relación de mezcla, humedad relativa y punto de rocío.

### 1. Presión de saturación de vapor

La atmósfera no puede contener una cantidad ilimitada de vapor de agua, sino que llega el momento en que ya no puede contener más. Cuando llega ese momento se dice que la atmósfera está saturada.

La presión de saturación de vapor de agua es la presión ejercida por el máximo contenido de vapor en la atmósfera, independiente de la presencia de otros gases, es decir, es la presión parcial del vapor de agua cuando está en equilibrio con una superficie de agua pura.

El punto de saturación de la atmósfera depende de su temperatura: cuando más caliente está el aire, mayor cantidad de vapor de agua puede contener, pero al bajar su temperatura de éste cuando está saturado de vapor de agua, el aire no puede contener todo el vapor de agua que contenía anteriormente, y el exceso pasa a formar gotas de agua (condensación) o cristales de hielo (cristalización) dependiendo de la temperatura.

Para determinar la presión saturante de vapor existen diversos procedimientos: el más simple y bastante exacto cuando se trata de determinar la presión de vapor de saturación dentro de los límites normales de temperatura atmosférica, es el de Tetens que tiene la forma siguiente:

$$e_s = 6,11 \times 10^{\frac{(7,5T)}{(273,3+T)}}$$

Donde:

$e_s$  = tensión de vapor saturante en mb

T = la temperatura de aire en °C

## 2. Presión de vapor actual

La presión de vapor actual o real es la parte de la presión atmosférica que es ejercida por el vapor de agua existente en un momento dado de la atmosfera, puede ser igual o menor a la saturante.

Según Sprung, la presión de vapor actual se determina mediante la siguiente ecuación:

$$e = e_{s'} - C \frac{(T - T')P}{P_0}$$

Donde:

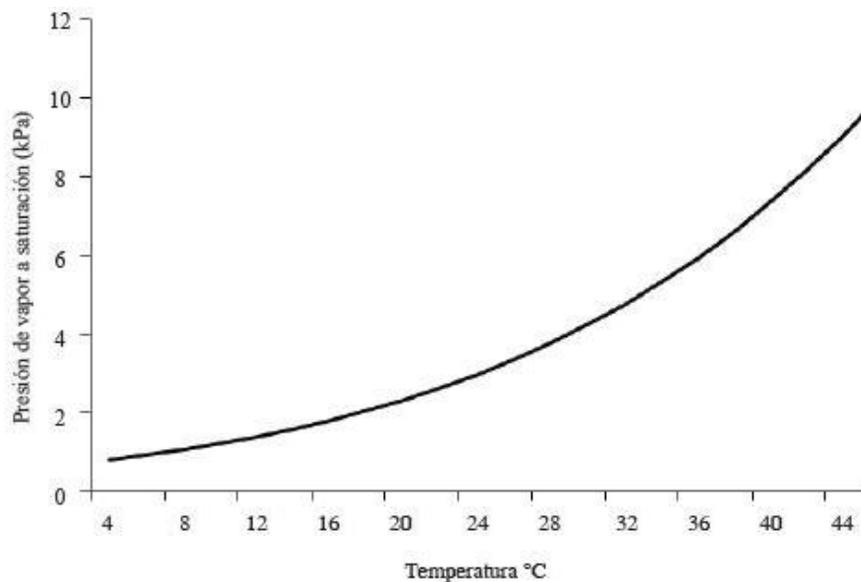
$e$  = Presión de vapor actual en mb;

$e_{s'}$  = Tensión de vapor saturante correspondiente a la temperatura del termómetro húmedo

$T$  y  $T'$  = Temperatura en °C en los termómetros seco y húmedo

$P$  y  $P_0$  = Presión del lugar y presión atmosférica

$C$  = constante psicrométrica, igual a 0,66 en el caso del psicrómetro de ventilación forzada cuando la presión se expresa en milibares.



## 3. Humedad relativa

La humedad relativa constituye uno de los factores ecológicos de gran importancia, puesto que los organismos reaccionan según el grado de saturación de vapor de agua.

La humedad relativa (Hr) es el grado de saturación de vapor de agua en la atmosfera. Está dada por la relación entre el peso de vapor de agua contenido en un volumen de aire y el peso de vapor de agua que contendrá si este volumen estaría saturado. También puede decirse que es igual a la relación entre la presión

de vapor actual y la presión de vapor saturante. Se expresa generalmente en porcentaje

$$e_s \text{ ----- } 100\%$$

$$e \text{ ----- } x$$

$$x = Hr = (e/e_s)100$$

#### 4. Humedad absoluta

La humedad absoluta ( $H_a$ ) o masa específica del vapor de agua, expresa el contenido de vapor de agua por unidad de volumen; esto es:

$$H_a = m_v / V$$

Como es muy difícil medir el volumen de una muestra de aire en condiciones ordinarias, se puede deducir una ecuación que permitirá calcular la humedad específica a partir de otros parámetros fácilmente mensurables. Aplicando la ecuación de estado se tiene:

$$P = \rho R T$$

$$e = \rho_v R_v T$$

$$\rho_v = e / R_v T$$

Donde:

$e$  = presión de vapor en Pa  
 $R_v$  = constante del vapor de agua = 461,5J/kg.K  
 $T$  = temperatura absoluta  
 $\rho_v = 0,00221668(100e)/T \text{ kg/m}^3$   
 $\rho_v = 217 e/T \text{ g/m}^3$

$\rho_v$  es la densidad del vapor de agua o humedad absoluta en gramos de agua por  $\text{m}^3$  de aire ( $\text{g/m}^3$ ),  $e$ : es la presión de vapor en mb

#### 5. Humedad específica

La humedad específica ( $q$ ) es la cantidad de vapor de agua contenida en una masa de aire húmedo (aire seco más vapor de agua), se expresa generalmente en gramos de vapor por kg de aire húmedo

De la definición se tiene.

$$q = m_v / (m_d + m_v)$$

donde:

$m_d$  = masa del aire seco  
 $m_v$  = masa de vapor de agua

Aplicando la ecuación de estado para las dos masas, se obtiene

$$P = \rho R T$$

$$m = p V / R T$$

$$q = (e V / R_v T) / (p_d V/R_d T + eV/R_v T)$$

$$R_d = 287\text{J/kg.K}$$

$$R_v = 461,5 \text{ J/kg.K}$$

$$p_d = (p - e)$$

$$q = 0,622e/(p - 0,378e)$$

como  $0,378e \ll p - y \quad 1\text{Pa} = 0,01\text{mb}$ , la ecuación anterior se puede aplicar con bastante aproximación de la manera siguiente:

$$q = 622 e/p$$

## 6. Razón de mezcla

La razón de mezcla ( $w$ ) se refiere a la relación entre la masa de vapor de agua y la masa de aire seco, se expresa en g/kg

$$w = m_v/m_d$$

$$w = 622e/(p-e) \text{ g/kg}$$

## 7. Punto de rocío



Si a una muestra de aire, en la que se supone que no entra ni sale vapor de agua, es enfriada isobáricamente, alcanza una temperatura en la cual se satura. Esta temperatura es conocida como punto de rocío ( $O$ ). Si la temperatura de la muestra disminuye por debajo del punto de rocío, tiene lugar la condensación, que cuando ocurre sobre las hojas de las plantas se forma el rocío, de allí su nombre.

Cuando más alto sea el contenido de vapor de agua en la atmósfera, mayor será la temperatura del punto de rocío. Al producirse la condensación se libera el calor latente cuyo valor es de aproximadamente  $600 \text{ cal/g}$  que es absorbido por el aire circundante, disminuyendo el ritmo de enfriamiento.

Si el punto de rocío es menor que  $0^\circ\text{C}$ , entonces se denomina punto de escarcha. Si las condiciones atmosféricas permiten un descenso de la temperatura hasta este punto, se forma escarcha, entonces habrá liberación del calor latente de sublimación (condensación más solidificación)

La determinación del punto de rocío es una práctica muy importante en meteorología, porque además de indicar otras propiedades del aire, indica hasta que punto puede ascender la temperatura con cierta facilidad. Así, por ejemplo, cuando el contenido de vapor de agua en la atmósfera es muy bajo, el punto de rocío puede encontrarse por debajo de  $0^\circ\text{C}$ , por lo tanto existe la probabilidad de la ocurrencia de heladas.

Si el punto de rocío es la temperatura de saturación de una muestra de aire, entonces, conociendo la presión de vapor se puede deducir la fórmula que permite determinar esta temperatura a partir de la **ecuación de Tetens** se tiene:

$$e \dots > e_s = 6,11 \times 10^{(7,5\tau / (237,3 + \tau))}$$
$$\tau = 273,3 \log (e/6,11) / (7,5 - \log(e/6,11))$$

La relación de mezcla y la humedad específica son conservativas durante los movimientos de ascenso y de descenso del aire, o al calentarse o enfriarse, mientras no haya evaporación ni condensación. Las propiedades conservativas son muy útiles en meteorología porque son muchos los elementos meteorológicos que varían según los movimientos del aire y otros cambios. El punto de rocío se conserva durante las variaciones de temperatura a presión constante, siempre que no tenga lugar evaporación ni condensación.

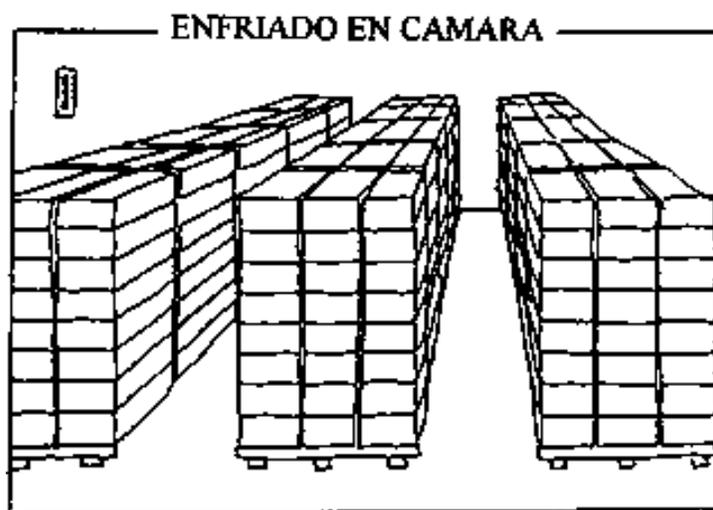
## **Control de temperatura y humedad relativa**

Para el mercado de productos frescos, cualquier método que aumente la humedad relativa en el ambiente del almacén (o disminuya el déficit de presión de vapor entre el producto y su entorno) retrasará la pérdida de agua. Un método para aumentar la humedad relativa consiste en reducir la temperatura; otro método consiste en añadir humedad al aire alrededor de la mercancía utilizando nebulizadores, vaporizadores, o mojando el piso del almacén. Otra forma es utilizar barreras de vapor tales como ceras, forros de polietileno en cajas, cajas revestidas o una variedad de materiales de empaque económicos y reciclables. Cualquier material de empaque disminuirá la eficiencia del enfriado, de forma que, por ejemplo, se recomiendan los forros horadados (aprox. 5% del área total del forro), pues éstos disminuirán el déficit de presión de vapor sin afectar significativamente al intercambio de oxígeno, etileno y dióxido de carbono.

### **Enfriamiento en cámara refrigerada convencional**

Es un método relativamente económico pero lento para el enfriado que se puede usar cuando se dispone de electricidad para la refrigeración mecánica. Cuanto mayor sea el área del serpentín del refrigerador, menos humedad perderá el producto a medida que se enfría.

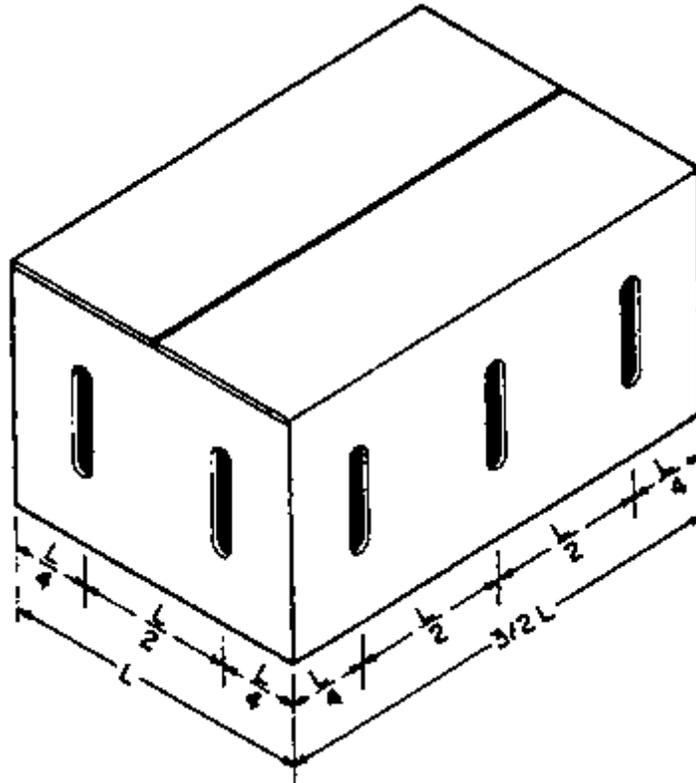
Es importante dejar un espacio adecuado entre las pilas de cajas (unidades de carga) dentro de la cámara de refrigeración para que el producto se enfríe lo más rápidamente posible. Las pilas de producto deberán ser estrechas, aproximadamente la anchura de una tarima. El aire circula en la cámara sobre las superficies y a través de cualquier espacio abierto de forma que el entrada desde el exterior de las pilas hacia el centro es principalmente por conducción. (Para más información ver Mitchell en Kader, 1992).



Fuente: Kasmire, R.F. 1977. California Tomatorama. Fresh Market  
Tomato Advisory Board Information Bulletin No. 17.

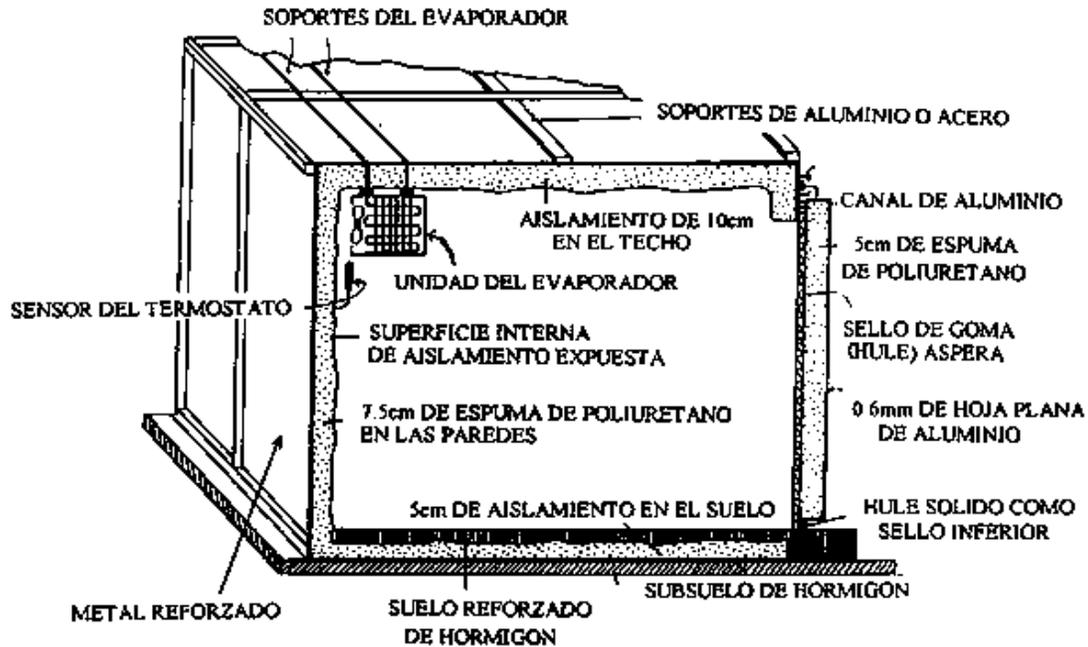
La siguiente ilustración muestra el patrón de ventilación recomendado para las cajas de cartón empleadas en el enfriamiento de la mercancía en cámara refrigerada convencional o

por aire forzado. Las ventanas deberán constituir un 5% del área total de la superficie y estar localizadas a una distancia de las esquinas de 5.1 a 7.6 cm. Pocas ventanas grandes (0.5 pulgada (1.27 cm) o más) son mejores que muchas pequeñas.



Fuente: Mitchell, F.G. et al. 1972. Commercial cooling of fruits and vegetables. California Agricultural Experiment Station Extension Service, Manual 43.

Una cámara de enfriamiento económica puede construirse usando hormigón para el piso y espuma de poliuretano como aislante. La construcción del almacén en forma de cubo reducirá el área de la superficie por unidad de volumen del espacio de almacenamiento, disminuyendo así los costes de refrigeración y construcción. Todas las juntas deberán estar reforzadas y la puerta deberá tener un sello de caucho.



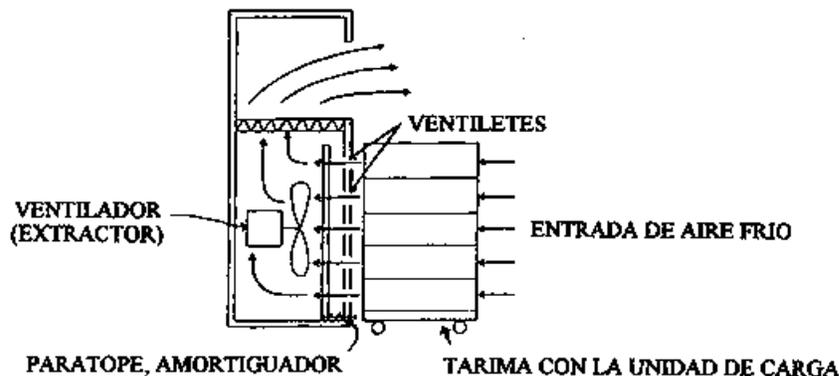
Fuente: Tugwell, B. L. Sin fecha. Coolroom construction for the fruit and vegetable grower. Department of Agriculture and Fisheries, South Australia. Special Bulletin 11.75.

## Enfriamiento por aire forzado

En el enfriamiento por aire forzado se hace circular el aire a través del interior de los recipientes que contienen el producto acelerando con ello notablemente la tasa de enfriamiento de cualquier producto. Muchos tipos de enfriadores de aire forzado pueden diseñarse para mover el aire húmedo y frío sobre la mercancía. Los ejemplos que se proporcionan a continuación son unidades fijas.

**Enfriador de aire forzado de pared fría: (la puerta del enfriador se abre cuando la tarima se empuja contra el paratope)**

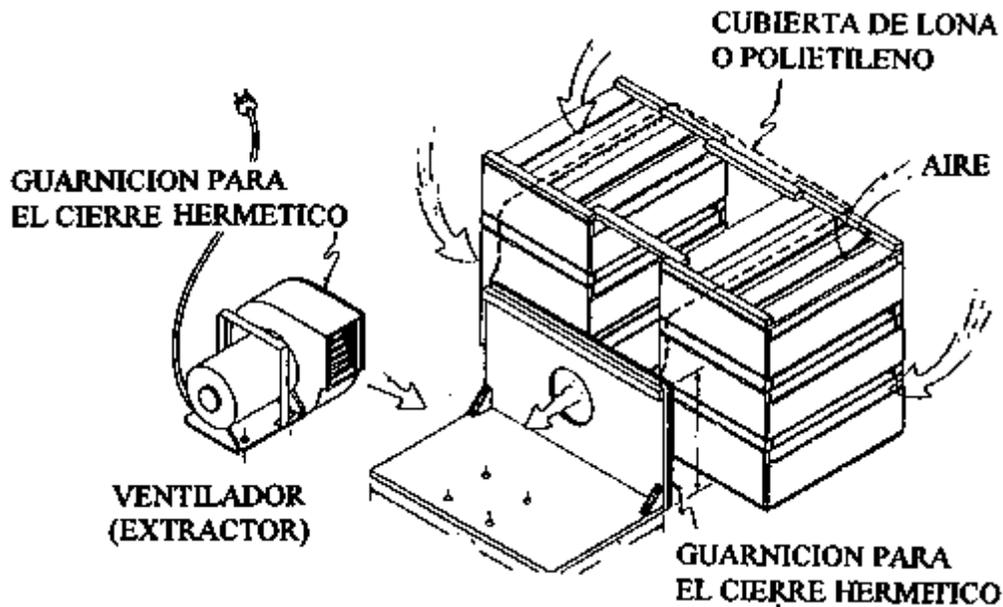
SERPENTINES DE REFRIGERACION  
DISEÑADOS PARA MANTENER HUMEDADES ALTAS



Fuente: Rij, R. et al. 1979. Handling, Precooling, and Temperature Management of Cut Flower Crops for Truck Transportation. USDA Science and Education Administration, AAT-W-5, UC Leaflet 21058.

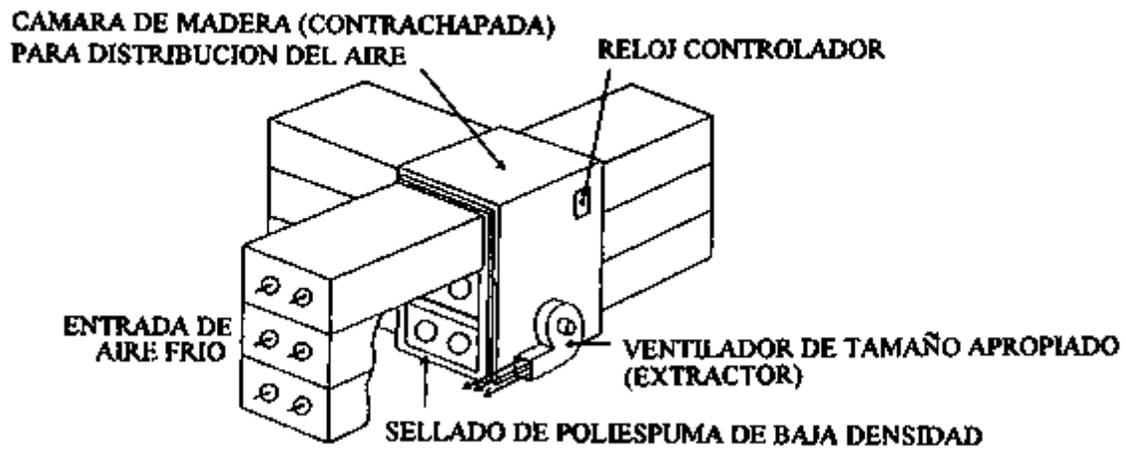
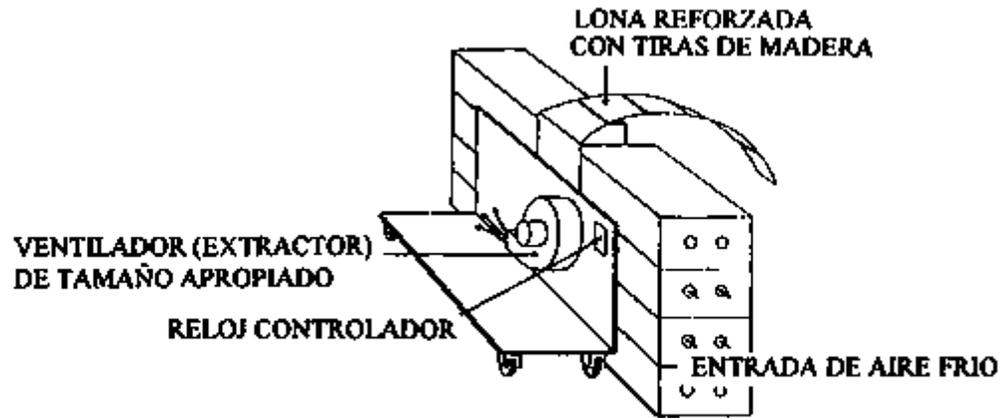
Un enfriador portátil de aire forzado puede construirse usando una lona o una lámina de polietileno. La lona se enrolla sobre la parte superior e inferior de las cajas, apiladas sellando la unidad y forzando el aire a pasar por las aberturas de ventilación laterales (las aberturas de ventilación deberán ocupar al menos el 4% del área de la superficie de cada caja) de las cajas que se apilan contra un extractor de aire. Esta unidad está diseñada para ser usada dentro de una cámara refrigerada de almacenamiento.

### Enfriador portátil de aire forzado



Fuente: Parsons, R.A. and Kasmire, R.F. 1974. Forced-air unit to rapidly cool small lots of packaged produce. University of California Cooperative Extension, OSA # 272.

Las siguientes ilustraciones muestran dos tipos de enfriadores de aire forzado. Cada uno está equipado con un extractor que al succionar el aire frío en el almacén lo forza a pasar a través del producto empacado.

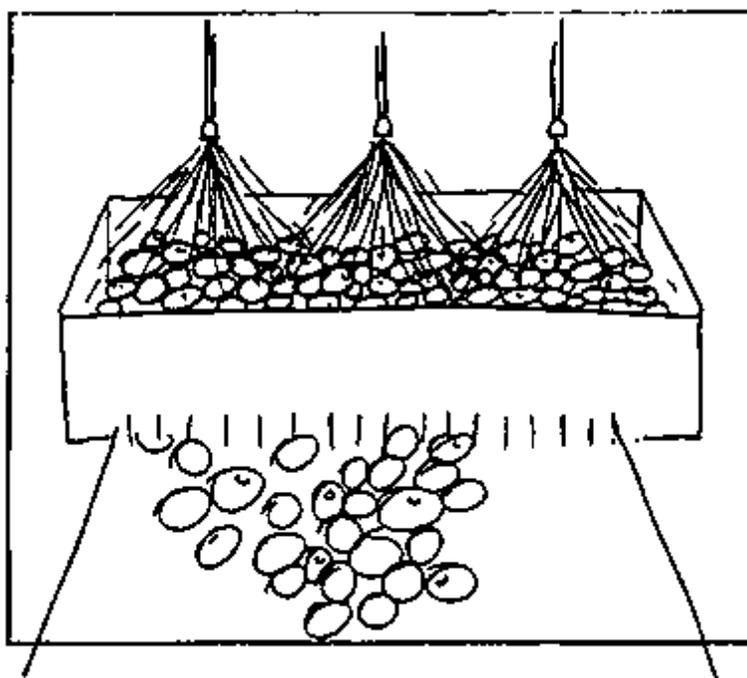


Fuente: Rij, R. et al. 1979. Handling, Precooling and Temperature Management of Cut Flower Crops for Truck Transportation. USDA Science and Education Administration, UC Leaflet 21058

## Enfriamiento hídrico

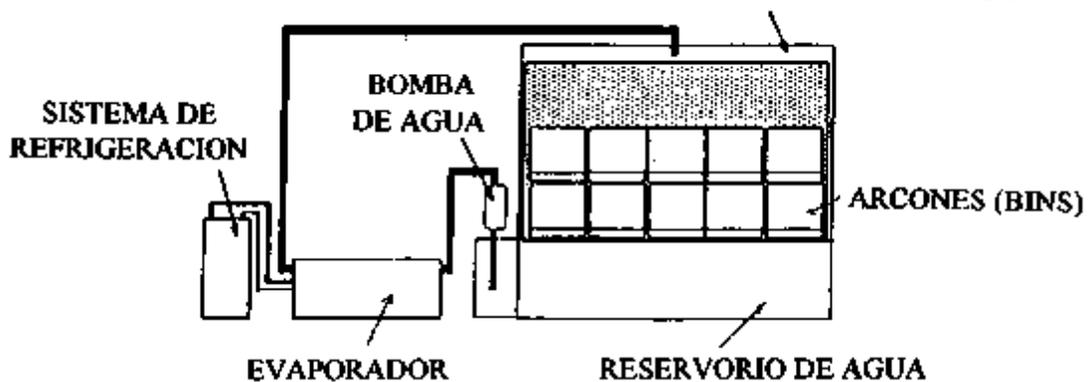
El agua fría provee un enfriamiento rápido y uniforme de algunas mercancías. Tanto la mercancía como el material de sus envases deben ser resistentes al agua, al cloro (usado para sanear el agua del hidrogenfriador) y al daño mecánico del agua que golpea (Mitchell en Kader, 1992). La versión más simple de un hidrogenfriador consiste en duchar un lote de producto con agua helada. Un hidrogenfriador de lotes puede construirse para contener tarimas completas de producto (Thompson en Kader, 1992). Se pueden añadir bandas transportadoras para ayudar a controlar el tiempo que el producto permanece en contacto con el agua fría.

**Hidrogenfriador**



**Hidrogenfriador de lotes**

**ARTESA DE DISTRIBUCION DE AGUA**

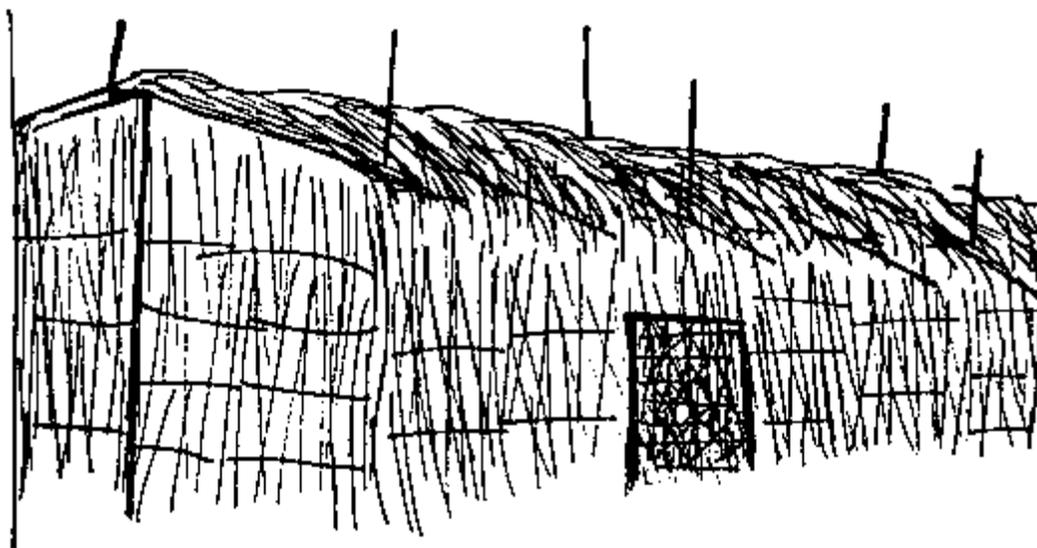


Fuente: Kasmire, R.F. 1977. California Tomatorama. Fresh Market Tomato Advisory Board Information Bulletin No. 17.

## Enfriamiento evaporativo

Las empacadoras ilustradas a continuación se construyen con materiales naturales que pueden humedecerse con agua. La humectación de las paredes y el tejado (techo) en las primeras horas de la mañana crea las condiciones adecuadas para el enfriamiento evaporativo.

### Empacadora de paja



La empacadora ilustrada a continuación se hace con paredes de red metálica que contienen carbón. La humectación del carbón por la mañana hace que la estructura se enfríe por evaporación durante el día.



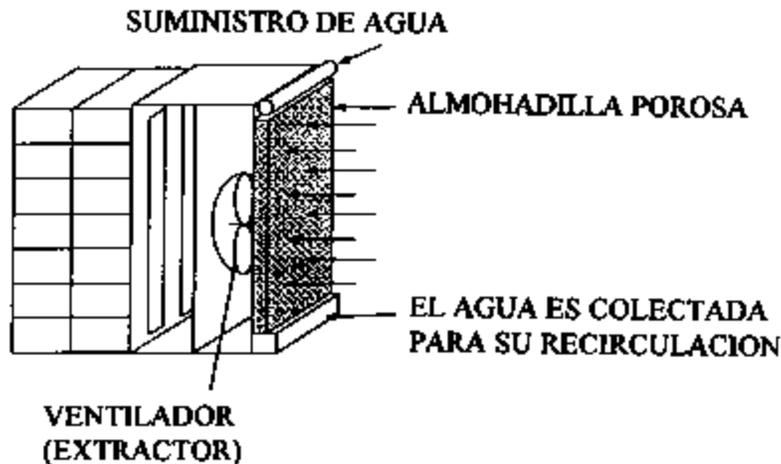
Fuente: FAO. 1986. Improvement of Post-Harvest Fresh Fruits and Vegetables Handling- A Manual. Bangkok: UNFAO Regional Office for Asia and the Pacific.

Los enfriadores evaporativos pueden construirse para enfriar el aire de un almacén completo o simplemente, de unos pocos recipientes de producto. Estos enfriadores se adaptan mejor a regiones de baja humedad, dado que el grado de enfriamiento se limita a 1°C - 2 °C por encima de la temperatura del bulbo húmedo.

Típicamente, una almohadilla de paja o fibra leñosa se humedece y entonces el aire se circula a través de ella usando un ventilador (extractor) pequeño. En el ejemplo ilustrado aquí, se realiza un goteo de 0.5 galones de agua por minuto en una almohadilla de 8 pies<sup>2</sup>, proporcionando aire húmedo suficiente para enfriar 18 cajas de producto en 1 a 2 horas. El agua se recoge en una bandeja en la base de la unidad para su recirculación.

Un enfriador evaporativo puede combinarse con un enfriador de aire forzado cuando se utilicen pequeñas cantidades de producto. El aire se enfría cuando pasa a través de la almohadilla mojada, antes de pasar a través de los empaques y alrededor del producto.

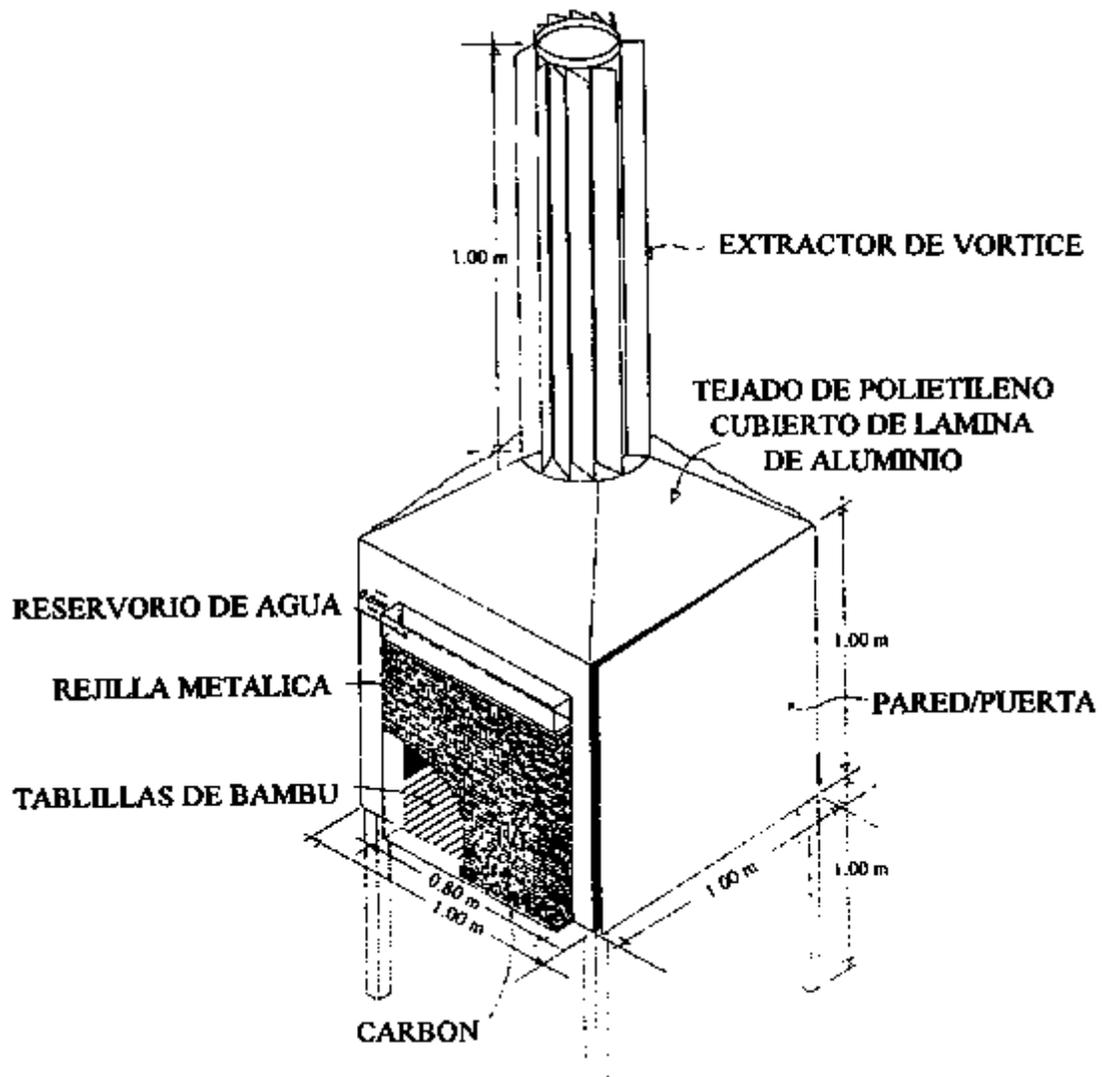
### Enfriador evaporativo de aire-forzado



Fuente: Thompson, J. F and Kasmire, R.F. 1981. An evaporative cooler for vegetable crops. California Agriculture, March-April: 20-21.

Fuente: Mitchell in Kader, 1992. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311. 296 pp.

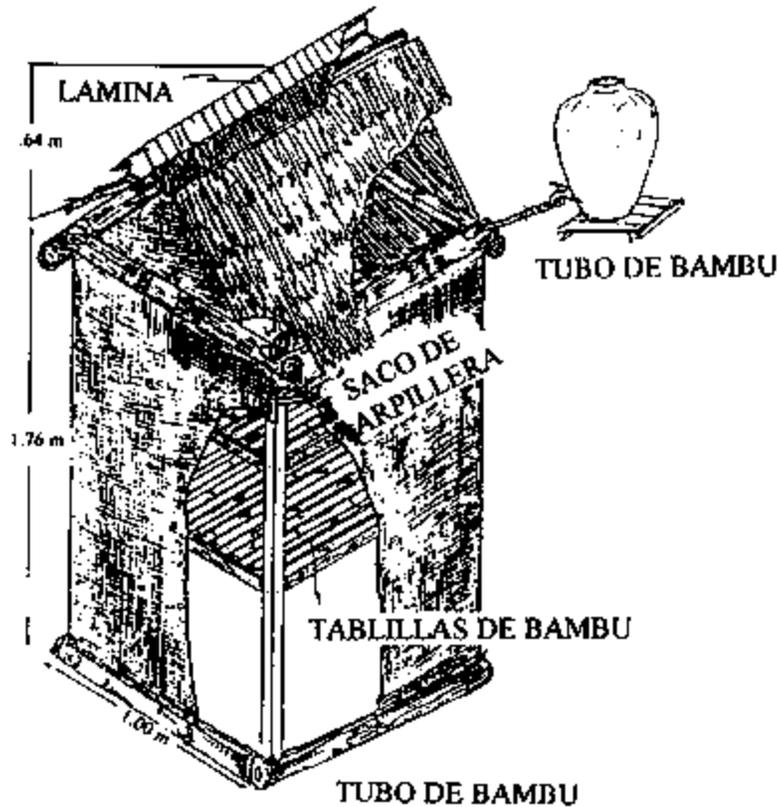
El enfriamiento evaporativo que se muestra a continuación está equipado con un extractor movido por el viento tipo vórtice. Se usó rejilla metálica para construir dos paneles delgados en los lados opuestos del enfriador que contienen piezas húmedas de carbón o paja. El agua gotea en el carbón o paja y el viento hace girar a la turbina, succionando el aire frío y húmedo a través de la carga de producto dentro del enfriador. Cuando se usa este enfriador las temperaturas se reducen de 3 a 5 C por debajo de la temperatura ambiental, mientras que la humedad relativa es de aproximadamente 85%.



Fuente: Redulla, C.A. et al. 1984. Temperature and relative humidity in two types of evaporative coolers. Postharvest Research Notes, 1 (1): 25-28.

Los enfriadores evaporativos se pueden construir con materiales tan sencillos como arpillera y bambú. El "enfriador por goteo" que se muestra aquí, opera únicamente mediante un proceso de evaporación, sin requerir el uso de ventiladores (extractores).

## Enfriador por goteo

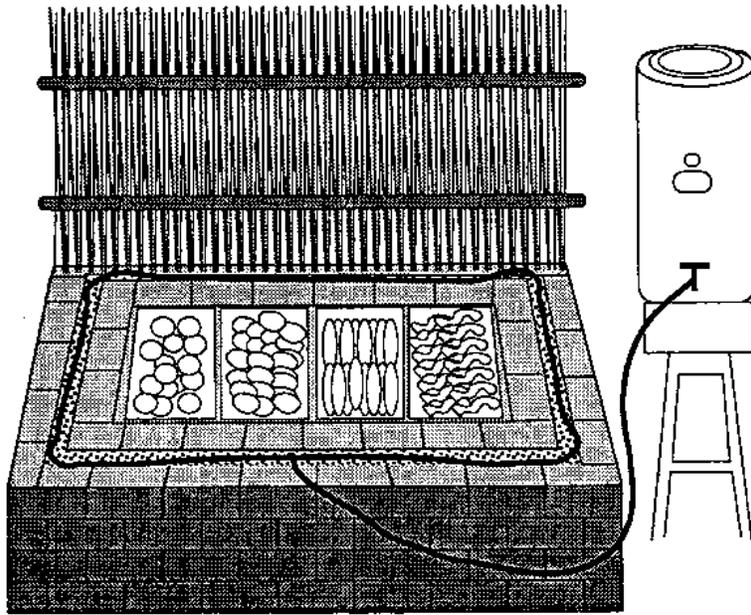


Fuente: Redulla, C.A. et al. 1984. Keeping perishables without refrigeration: use of a drip cooler. *Appropriate Postharvest Technology* 1(2): 13-15.

La cámara de enfriamiento ilustrada más adelante es muy económica ya que se usan ladrillos como material base. La cavidad entre las paredes se rellena con arena y los ladrillos y la arena se saturan con agua. Las frutas y las hortalizas se introducen en la cámara y a continuación, ésta se cubre con una estera de paja que ayuda a conservar la humedad.

Durante los meses de verano en la India, se ha demostrado que esta cámara puede mantener una temperatura interior entre 15 y 18 C y una humedad relativa del 95%.

## Cámara de enfriamiento evaporativo



Fuente: Roy S.K. 1989. Postharvest technology of vegetable crops in India. Indian Horticulture. Jan-June: 76-78.

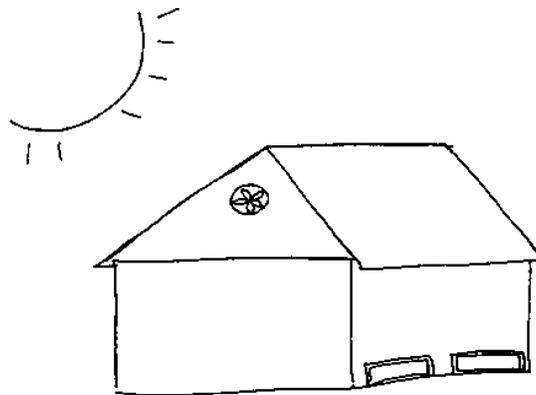
### Ventilación con aire nocturno

Si la diferencia de temperatura entre la noche y el día es relativamente grande, los cuartos de almacenamiento pueden enfriarse usando el aire nocturno, (Kader et al, 1985). El almacén deberá aislarse y los ventiletes deberán ubicarse a nivel de tierra. Los ventiletes se abren durante la noche y entonces se usan ventiladores (extractores) para circular el aire frío de la noche a través del almacén. Si la estructura está aislada térmicamente y los ventiletes se cierran muy de mañana, se mantendrán mejor las temperaturas frías durante los días calurosos.

#### Ventiletes abiertos



#### Ventiletes cerrados



## Daño por frío

Algunas frutas y cultivos hortícolas son susceptibles al daño por frío cuando se refrigeran a temperaturas inferiores a 13-16 C (55-60 F). Los daños reducen la calidad del producto y acortan la vida útil. La siguiente tabla proporciona algunos ejemplos de los síntomas de daño por frío en una variedad de cultivos. Los síntomas frecuentemente aparecen sólo después de que la mercancía se transfiere a temperaturas más altas, como ocurre durante la venta.

### Susceptibilidad de frutas y hortalizas a los daños por frío cuando se almacenan a temperaturas bajas pero no de congelación.

Producto	La más baja temperatura segura (aprox.)		Daño producido al almacenar entre 0°C y más baja temperatura. segura <sup>1</sup> .
	C°	F°	
Manzanas, ciertas variedades	2-3	36-38	Oscurecimiento interno, corazón café, colapso húmedo, escaldado suave.
Espárragos	0-2	32-36	Color verde apagado, puntas flojas.
Aguacates	4.5-13	40-55	
Bananos, verdes o maduros	11.5-13	53-56	Decoloración gris-cafezusco de la carne.
Frijoles Lima	1-4.5	34-40	Color apagado al madurar.
Vainicas	7	45	Manchas y áreas café herrumbroso.
Arándano agrio	2	36	Formación de pequeños cráteres, coloración café.
Pepinos	7	45	Textura hulosa, carnosidad roja.
Berenjenas	7	45	Formación de hoyuelos, áreas acuosas, descomposición.
Guayabas	4.5	40	Escaldado superficial, pudrición alternaria oscurecimiento de las semillas.
Toronjas	10	50	Daños en la pulpa, descomposición.
Limonos	11-13	52-55	Descomposición, decoloración. Hoyuelos, manchas de las membranas, manchones rojos.
Limas	7-9	45-48	Hoyuelos, quemado de la piel. Decoloración grisácea de la piel, maduración irregular.
Mangos	10-13	50-55	Hoyuelos, descomposición de la piel.
<b>Melones</b>			
Cantaloupe	2-5	36-41	Decoloración rojiza, hoyuelos, descomposición de la piel ausencia de maduración.
Honey Dew	7-10	45-50	Igual que el anterior pero sin decoloración.
Casaba	7-10	45-50	Igual que el anterior.

Crenshaw and Persian	7-10	45-50	Hoyuelos, sabor desagradable.
Sandía	4.5	40	Decoloración, áreas acuosas, hoyuelos, descomposición.
Ocra	7	45	Oscurecimiento interno.
Aceitunas	7	45	Hoyuelos, manchas de color café.
Papayas	7	45	Ampollas en la cutícula, pudrición por alternaria en las vainas y cálices oscurecimiento de las semillas.
Pimientos dulces	7	45	Hoyuelos, oscurecimiento interno y externo.
Piñas	7-10	45-50	Color verde apagado al madurar.
Granadas	4.5	40	
Papas	3	38	Oscurecimiento hasta color caoba (Chippewa y Sebago), sabor dulce <sup>2</sup> .
Camotes	13	55	Descomposición, hoyuelos, decoloración interna; corazón duro tras la cocción.

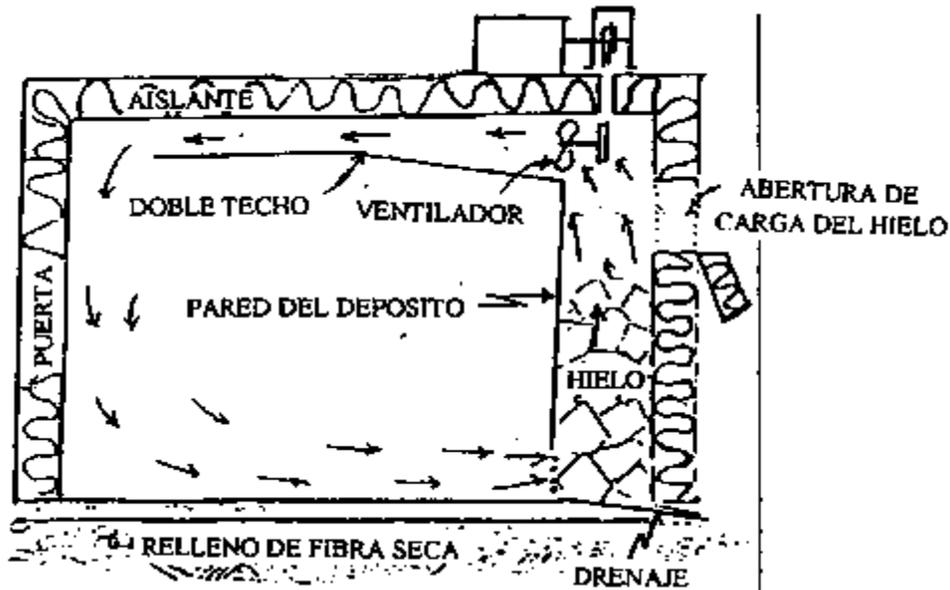
<sup>1</sup> Frecuentemente, los síntomas aparecen solamente cuando el producto ha alcanzado temperaturas más altas, como durante el mercadeo.

Fuente: Hardenburg, R.E., A.E. Watada, and C-Y. Wang. 1986. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. USDA, Agricultural Handbook No. 66. (Tomado de la versión del libro en español)

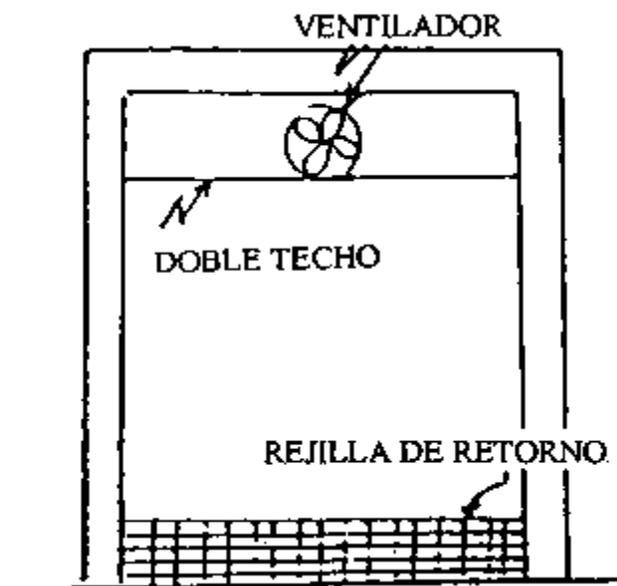
## Uso de hielo

El hielo puede usarse como una fuente de frío, por ejemplo pasando aire a través de una cantidad de hielo y a continuación por la mercancía, o bien aplicando hielo sobre la carga (colocado directamente en contacto con el producto). El hielo puede enfriar un producto solamente si se derrite, por lo que una buena ventilación es necesaria para el enfriamiento efectivo.

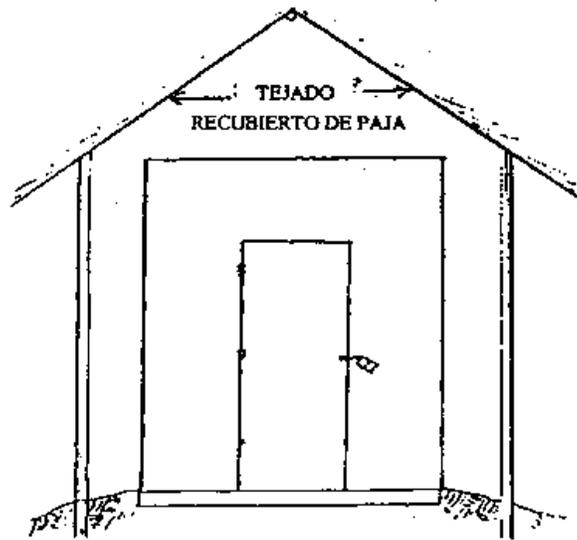
**Detalle de un refrigerador de hielo: sección longitudinal - se debe montar un motor diésel o de gasolina afuera**



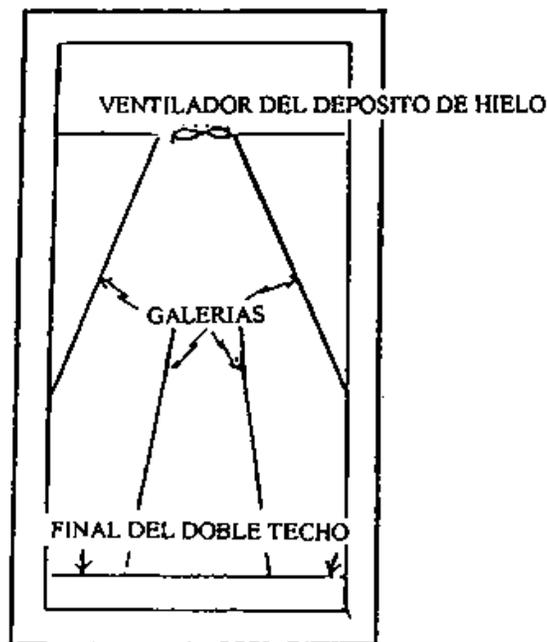
Detalle de un refrigerador de hielo: vista posterior - un motor de ventilación eléctrico se monta normalmente en el interior de la cámara fría, la capacidad del ventilador (pies cúbicos/minuto) debería ser como mínimo igual al volumen de la cámara vacía



### Detalle de un refrigerador de hielo: elevación frontal



Detalle de un refrigerador de hielo: vista superior - las galerías sobre el doble techo mejoran en gran medida la distribución del aire y subsecuentemente, el enfriado



Fuente: Grierson, W. 1987. Postharvest Handling Manual Commercialization of Alternative Handling Crops Project. The Belize Agribusiness Cr. / Chenomics USAID

La aplicación de hielo directamente al producto puede realizarse solamente con mercancías que son hidro-tolerantes y no son sensibles al daño por Frío (zanahorias, maíz dulce, melones cantaloups, lechuga, espinaca, brócoli, cebolletas (cebollines). También se requieren empaques hidro-tolerantes (madera, plástico o cartón encerado). El hielo en escamas o triturado puede aplicarse directamente o mezclado con agua. El uso de hielo

como método de enfriamiento proporciona una alta humedad en el ambiente que circunda al producto.



<b>Deben llevar hielo:</b>	<b>Pueden llevar hielo:</b>
berro brócoli cebollas verdes espinaca hojas de nabo hojas de rábano nabos perejil rábanos con hojas remolachas con hojas zanahorias con hojas	alcachofas, tipo globo col de bruselas colinabo hojas de mostaza hojas de remolacha rábano remolachas sin hojas zanahorias sin hojas

Fuente: Thompson, J.F. 1992. Storage Systems, pp. 69-78. En: Kader, A.A. (Ed). Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311.

## **Métodos alternativos de enfriamiento**

### **Enfriamiento por radiación**

El enfriamiento por radiación puede utilizarse para disminuir la temperatura del aire en un almacén, si un colector solar se conecta al sistema de ventilación del edificio. Utilizando el colector solar durante la noche, el calor se perderá en el ambiente. Dentro del almacén puede lograrse una temperatura 4 C menor que la temperatura nocturna.

### **Uso de aguas de pozo**

En la mayoría de las regiones del mundo, las aguas de pozo son frecuentemente mucho más frescas que la temperatura del aire. La temperatura del agua de un pozo profundo tiende a estar en el mismo rango que la temperatura media del aire de la misma localidad. Las aguas de pozo pueden utilizarse para el enfriamiento hídrico, o bien a modo de espray o humidificador para mantener una humedad relativa alta en el ambiente de almacén.

### **Almacenamiento en grandes altitudes**

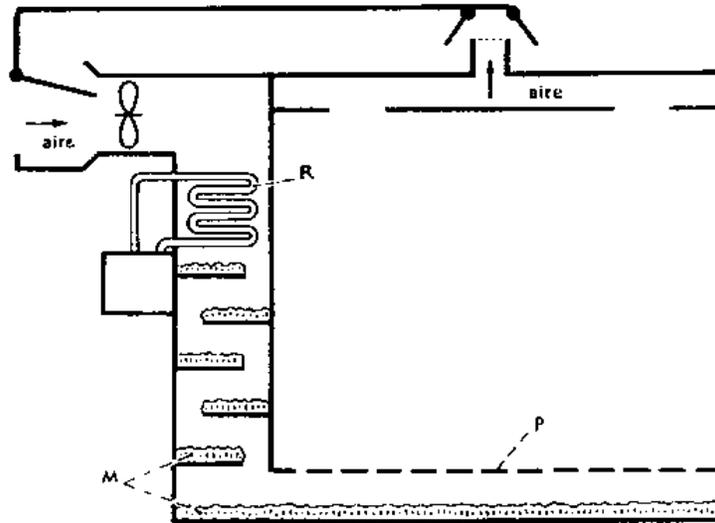
En general, la temperatura del aire disminuye 10C por cada kilómetro de incremento en la altura. Si los gestores tienen opción de empacar y/o almacenar las mercancías en lugares altos, los costes de enfriamiento podrían reducirse. Las instalaciones de almacenamiento y enfriamiento operadas a grandes altitudes requerirán menos energía que las mismas a nivel del mar para obtener los mismos resultados.

Fuente: Thompson, J.F. 1992. Storage Systems, pp. 69-78. En: Kader, A.A. (Ed). Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311.

## Aumento de la humedad relativa

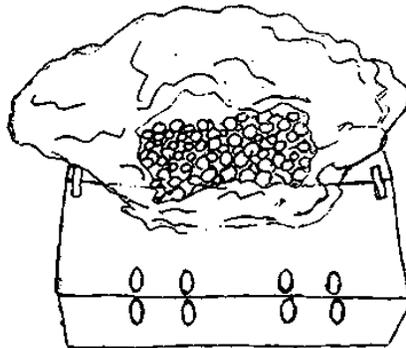
El aire refrigerado tiende a bajar la humedad relativa que es benéfica para el almacenamiento de la mayoría de las cosechas hortícolas. El método más sencillo para aumentar la humedad relativa del aire del almacén consiste en mojar el suelo de la cámara, o humectar los recipientes o los empaques con agua fría y dejar que se evapore. Para un sistema más permanente de humedad relativa alta en el ambiente del almacén, puede añadirse humedad al aire refrigerado. Para ello el aire impulsado por el ventilador y que circula alrededor del serpentín del evaporador (R), se hace pasar por paja o musgo mojado (M). El aire así humedecido es entonces impulsado hacia el cuarto de almacenamiento a través de una pared perforada (P).

### Musgo mojado como una fuente de humedad en el interior de una cámara fría



Fuente: Lopez, E G. 1983. Conservación de la Producción Agrícola Barcelona: Editorial Aedos. 188 pp.

El uso de un forro de polietileno en una caja de cartón puede ayudar a proteger los productos y a reducir la pérdida de agua en mercancías tales como cerezas, melocotones (duraznos), kiwis, bananas y hierbas. El forro puede reducir también el daño por abrasión debido al frotamiento de los frutos contra las paredes de la caja.



## **Almacenamiento**

Si la producción agrícola ha de almacenarse, es importante que el producto de partida sea de primera calidad. El lote a almacenar debe estar libre de danos o defectos y los recipientes que lo contengan deberán estar bien ventilados y ser lo suficientemente resistentes para soportar el apilado. En general, unas prácticas adecuadas de almacenamiento incluyen el control de la temperatura, de la humedad relativa, de la circulación del aire y del espacio entre las cajas para una ventilación adecuada, así como evitar una mezcla de artículos incompatibles.

Los productos que se almacenan juntos deberán tolerar la misma temperatura, humedad relativa y nivel de etileno en el ambiente de almacenamiento. Las mercancías con alta producción de etileno (tales como plátanos, manzanas y melones maduros) pueden estimular cambios fisiológicos en otras mercancías sensibles al etileno (como son la lechuga, pepinos, zanahorias, patatas (papas), boniatos (camotes) dando origen a cambios en color, aroma y textura.

El control de temperatura durante el almacenamiento se puede facilitar si los edificios se construyen de forma cuadrada en lugar de rectangular; los rectangulares tienen más área de pared por pie cuadrado de superficie, siendo por tanto más alto el coste de enfriamiento. El control de temperatura también puede favorecerse con edificios sombreados, con el pintado de los almacenes en color blanco o plateado que refleja los rayos del sol y con el uso de sistemas de rociado en el techo de los edificios para el enfriamiento por evaporación. La Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO) recomienda la utilización de ferrocemento (ferroconcreto) para construir las unidades de almacenamiento en regiones tropicales, con paredes gruesas para proteger del calor exterior. Las instalaciones ubicadas a mayores altitudes son efectivas, dado que a mayor altitud son más eficientes el enfriamiento por evaporación, el enfriamiento nocturno y el enfriamiento por radiación. El almacenamiento subterráneo de las cosechas de cítricos es común en el sur de China, mientras que en el noroeste las manzanas se almacenan en cuevas (Liu, 1988).

Ciertos productos, como cebollas y ajos, se conservan mejor en ambientes de baja humedad relativa. El curado de estas cosechas, que permite el secado de las capas exteriores de tejido antes del almacenamiento y manejo, las protegerá de posteriores pérdidas de agua.

La composición del aire en los almacenes puede ser controlada mediante aumento o disminución de la ventilación (introducción de aire fresco) o mediante el uso de absorbentes de gas como el permanganato potásico o el carbón activado. El almacenamiento en atmósferas controladas o modificadas a gran escala requiere tecnología compleja y personal entrenado; sin embargo, existen métodos más sencillos para el manejo de pequeños volúmenes de producción.

## Recomendaciones de temperatura humedad relativa

Recomendaciones de temperatura, humedad relativa y vida aproximada de transporte y almacenamiento para frutas y hortalizas (ver Hardenburg *et al.*, 1986 para información más completa sobre algún producto en particular).

Producto	Temperatura		Humedad Relativa (por ciento)	Vida aproximada de almacenamiento
	°C	°F		
Amarnanto ( <i>Amaranth</i> )	0-2	32-36	95-100	10-14 días
Anise ( <i>Anis</i> )	0-2	32-36	90-95	2-3 semanas
Apples ( <i>Manzanas</i> )	-1-4	30-40	90-95	1-12 meses
Apricots ( <i>Albaricoques</i> )	-0.5-0	31-32	90-95	1-3 semanas
Artichokes, globe ( <i>Alacachofa, globo</i> )	0	32	95-100	2-3 semanas
Asian pear ( <i>Pera asiática</i> )	1	34	90-95	5-6 meses
Asparagus ( <i>Espárrago</i> )	0-2	32-36	95-100	2-3 semanas
Atemoya ( <i>Atemoya</i> )	1-3	55	85-90	4-6 semanas
Avocados, Fuerte, Hass ( <i>Aguacate, Fuerte, Hass</i> )	7	45	85-90	2 semanas
Avocados, Lula, Booth-1 ( <i>Aguacate, Lula, Booth-1</i> )	4	40	90-95	4-8 semanas
Avocados, Fuchs, Pollock ( <i>Aguacate, Fuchs, Pollock</i> )	13	55	85-90	2 semanas
Babaco ( <i>Babaco</i> )	7	45	85-90	1-3 semanas
Bananas, green ( <i>Banano, verde</i> )	13-14	56-58	90-95	1-4 semanas
Barbados cherry ( <i>Cereza de Barbados</i> )	0	32	85-90	7-8 semanas
Bean sprouts ( <i>Retonos de frijol</i> )	0	32	95-100	5-9 días
Beans, dry ( <i>Frijol seco</i> )	4-10	40-50	40-50	6-10 meses
Beans, green or snap ( <i>Ejotes</i> )	4-7	40-45	95	7-10 días
Beans, lima, in pods ( <i>Frijol, lima, envainas</i> )	5-6	41-43	95	5 días
Beets, bunched ( <i>Remolacha, manojos</i> )	0	32	98-100	10-14 días
Beets, topped ( <i>Remolacha, deshojada</i> )	0	32	98-100	4-6 meses
Belgian endive ( <i>Endivia belga</i> )	2-3	36-38	95-98	2-4 semanas
Bitter melon ( <i>Melón amargo</i> )	12-13	53-55	85-90	2-3 semanas
Black sapote ( <i>Zapote negro</i> )	13-15	55-60	85-90	2-3 semanas
Blackberries ( <i>Mora</i> )	-0.5-0	31-32	90-95	2-3 días
Blood orange ( <i>Naranjas sanguina</i> )	4-7	40-44	90-95	3-8 semanas
Blueberries ( <i>Arandano</i> )	-0.5-0	31-32	90-95	2 semanas
Bok choy ( <i>Bok choy</i> )	0	32	95-100	3 semanas
Boniato ( <i>Boniato</i> )	13-15	55-60	85-90	4-5 meses
Bread fruit ( <i>Fruta del pan</i> )	13-15	55-60	85-90	2-6 semanas
Broccoli ( <i>Brocoli</i> )	0	32	95-100	10-14 días
Brussels sprouts ( <i>Col de bruselas</i> )	0	32	95-100	3-5 semanas
Cabbage, early ( <i>Repollo, temprano</i> )	0	32	98-100	3-6 semanas
Cabbage, late ( <i>Repollo, tardío</i> )	0	32	98-100	5-6 meses
Cactus leaves ( <i>Hojas de cacto</i> )	2-4	36-40	90-95	3 semanas
Cactus Pear ( <i>Tuna</i> )	2-4	36-40	90-95	3 semanas
Caimito ( <i>Caimito</i> )	3	38	90	3 semanas
Calabaza ( <i>Calabaza</i> )	10-13	50-55	50-70	2-3 meses
Calamondin ( <i>Calamondin</i> )	9-10	48-50	90	2 semanas
Canistel ( <i>Canistel</i> )	13-15	55-60	85-90	3 semanas
Cantaloups [3/4-slip] ( <i>Cantalupo [3/4 slip]</i> )	2-5	36-41	95	15 días
Cantaloups [full-slip] ( <i>Cantalupo [slip entero]</i> )	0-2	32-36	95	5-14 días
Carambola ( <i>Carambola</i> )	9-10	48-50	85-90	3-4 semanas

Carrots, bunched ( <i>Zanahoria, manajo</i> )	0	32	95-100	2 semanas
Carrots, mature ( <i>Zanahoria, madura</i> )	0	32	98-100	7-9 meses
Carrots, immature ( <i>Zanahoria, tierna</i> )	0	32	98-100	4-6 semanas
Cashew apple ( <i>Marañón</i> )	0-2	32-36	85-90	5 semanas
Cauliflower ( <i>Coliflor</i> )	0	32	95-98	3-4 semanas
Celeriac ( <i>Celeriac</i> )	0	32	97-99	6-8 meses
Celery ( <i>Apio</i> )	0	32	98-100	2-3 meses
Chard ( <i>Acelga</i> )	0	32	95-100	10-14 días
Chayote squash ( <i>Chayote</i> )	7	45	85-90	4-6 semanas
Chirimoya ( <i>Chirimoya</i> )	13	55	90-95	2-4 semanas
Cherries, sour ( <i>Cerezas, amargas</i> )	0	32	90-95	3-7 días
Cherries, sweet ( <i>Cerezas, dulces</i> )	-1-0.5	30-31	90-95	2-3 semanas
Chinese broccoli ( <i>Brocoli chino</i> )	0	32	95-100	10-14 días
Chinese cabbage ( <i>Repollo chino</i> )	0	32	95-100	2-3 meses
Chinese long bean ( <i>Ejote chino largo</i> )	4-7	40-45	90-95	7-10 días
Clementine ( <i>Clementina</i> )	4	40	90-95	2-4 semanas
Coconuts ( <i>Coco</i> )	0-15	32-35	80-85	1-2 meses
Collards ( <i>Col rizada</i> )	0	32	95-100	10-14 días
Corn, sweet ( <i>Maíz dulce</i> )	0	32	95-98	5-8 días
Cranberries ( <i>Arándano</i> )	2-4	36-40	90-95	2-4 meses
Cucumbers ( <i>Pepino</i> )	10-13	50-55	95	10-14 días
Currants ( <i>Pasa</i> )	-0.5-0	31-32	90-95	1-4 semanas
Custard apples ( <i>Anona</i> )	5-7	41-45	85-90	4-6 semanas
Daikon ( <i>Daikon</i> )	0-1	32-34	95-100	4 meses
Dates ( <i>Dátiles</i> )	-18-0	0-32	75	6-12 meses
Dewberries ( <i>Zarzamora</i> )	-0.5-0	31-32	90-95	2-3 días
Durian ( <i>Durión</i> )	4-6	39-42	85-90	6-8 semanas
Eggplants ( <i>Benjerena</i> )	12	54	90-95	1 semana
Elderberries ( <i>Sauco</i> )	-0.5-0	31-32	90-95	1-2 semanas
Endive and escarole ( <i>Endivia y escarola</i> )	0	32	95-100	2-3 semanas
Feijoa ( <i>Feijoa</i> )	5-10	41-50	90	2-3 semanas
Figs, fresh ( <i>Higos, frescos</i> )	-0.5-0	31-32	85-90	7-10 días
Garlic ( <i>Ajo</i> )	0	32	65-70	6-7 meses
Ginger root ( <i>Gangibre</i> )	13	55	65	6 meses
Gooseberries ( <i>Grosella espinosa</i> )	-0.5-0	31-32	90-95	3-4 semanas
Granadilla ( <i>Granadilla</i> )	10	50	85-90	3-4 semanas
Grapefruit, Calif. & Ariz. ( <i>Toronja Calif. y Ariz.</i> )	14-15	58-60	85-90	6-8 semanas
Grapefruit, Fla. & Texas ( <i>Toronja. Fla. y Texas</i> )	10-15	50-60	85-90	6-8 semanas
Grapes, Vinifera ( <i>Uva, vinifera</i> )	-1 a -0.5	30-31	90-95	1-6 meses
Grapes, American ( <i>Uva, americana</i> )	-0.5-0	31-32	85	2-8 semanas
Greens, leafy ( <i>Verduras hojosas</i> )	0	32	95-100	10-14 días
Guavas ( <i>Guayaba</i> )	5-10	41-50	90	2-3 semanas
Haricot vert ( <i>Haricot vert</i> )	4-7	40-45	95	7-10 días
Horseradish ( <i>Rábano picante</i> )	-1-0	30-32	98-100	10-12 meses
Jaboticaba ( <i>Jaboticaba</i> )	13-15	55-60	90-95	2-3 días
Jackfruit ( <i>Nañea</i> )	13	55	85-90	2-6 semanas
Jaffa orange ( <i>Naranja de Jaffa</i> )	8-10	46-50	85-90	8-12 semanas
Japanese eggplant ( <i>Berenjena japonesa</i> )	8-12	46-54	90-95	1 semana
Jerusalem Artichoke ( <i>Tupinambu</i> )	-0.5-0	31-32	90-95	4-5 meses
Jicama ( <i>Jicama</i> )	13-18	55-65	65-70	1-2 meses
Kale ( <i>Berza</i> )	0	32	95-100	2-3 semanas

Kiwano ( <i>Kiwano</i> )	10-15	50-60	90	6 meses
Kiwifruit ( <i>Kiwi</i> )	0	32	90-95	3-5 meses
Kohlrabi ( <i>Colinabo</i> )	0	32	98-100	2-3 meses
Kumquats ( <i>Kumquat</i> )	4	40	90-95	2-4 semanas
Langsat ( <i>Langsat</i> )	11-14	52-58	85-90	2 semanas
Leeks ( <i>Puerro</i> )	0	32	95-100	2-3 meses
Lemons ( <i>Limones</i> )	10-13	50-55	85-90	1-6 meses
Lettuce ( <i>Lechuga</i> )	0	32	98-100	2-3 semanas
Limes ( <i>Limoncillo</i> )	9-10	48-50	85-90	6-8 semanas
Lo Bok ( <i>Lo Bok</i> )	0-15	32-35	95-100	2-4 meses
Loganberries ( <i>Frambuesa</i> )	-0.5-0	31-32	90-95	2-3 días
Longan ( <i>Longan</i> )	1.5	35	90-95	3-5 semanas
Loquats ( <i>Loquat</i> )	0	32	90	3 semanas
Lychees ( <i>Litchi</i> )	1.5	35	90-95	3-5 semanas
Malanga ( <i>Malanga</i> )	7	45	70-80	3 meses
Mamey ( <i>Mamey</i> )	13-15	55-60	90-95	2-6 semanas
Mangoes ( <i>Mango</i> )	13	55	85-90	2-3 semanas
Mangosteen ( <i>Mangostan</i> )	13	55	85-90	2-4 semanas
Melons ( <i>Melones</i> )				
Casaba	10	50	90-95	3 semanas
Crenshaw	7	45	90-95	2 semanas
Honeydew	7	45	90-95	3 semanas
Persian ( <i>Persia</i> )	7	45	90-95	2 semanas
Mushrooms ( <i>Hongos</i> )	0	32	95	3-4 días
Nectarines ( <i>Melocotón</i> )	-0.5-0	31-32	90-95	2-4 semanas
Okra ( <i>Okra [Quimbombo]</i> )	7-10	45-50	90-95	7-10 días
Olives, fresh ( <i>Aceitunas, frescas</i> )	5-10	41-50	85-90	4-6 semanas
Onions, green ( <i>Cebollas, verdes</i> )	0	32	95-100	3-4 semanas
Onions, dry ( <i>Cebollas, secas</i> )	0	32	65-70	1-8 meses
Onion sets ( <i>Cebolla, plántula</i> )	0	32	65-70	6-8 meses
Oranges, Calif. & Ariz. ( <i>Naranjas, Calif. y Ariz.</i> )	3-9	38-48	85-90	3-8 semanas
Oranges, Fla. & Texas ( <i>Naranjas, Fla. y Texas</i> )	0-1	32-34	85-90	8-12 semanas
Papaya ( <i>Papaya</i> )	7-13	45-55	85-90	1-3 semanas
Passionfruit ( <i>Maracuyá</i> )	7-10	45-50	85-90	3-5 semanas
Parsley ( <i>Perejil</i> )	0	32	95-100	2-2.5 meses
Parsnips ( <i>Pestínaca</i> )	0	32	95-100	4-6 meses
Peaches ( <i>Duraznos</i> )	-0.5-0	31-32	90-95	2-4 semanas
Pears ( <i>Peras</i> )	-1.5 a - 0.5	29-31	90-95	2-7 meses
Peas, green ( <i>Arvejas</i> )	0	32	95-98	1-2 semanas
Peas, southern ( <i>Arvejas del sur</i> )	4-5	40-41	95	6-8 días
Pepino ( <i>Pepino [tree melon]</i> )	4	40	85-90	1 mes
Peppers, Chili [dry] ( <i>Chiles picantes [seco]</i> )	0-10	32-50	60-70	6 meses
Peppers sweet ( <i>Pimiento</i> )	7-13	45-55	90-95	2-3 semanas
Persimmons Japanese ( <i>Caqui</i> )	-1	30	90	3-4 meses
Pineapples ( <i>Pina</i> )	7-13	45-55	85-90	2-4 semanas
Plantain ( <i>Plátano</i> )	13-14	56-58	90-95	1-5 semanas
Plums and prunes ( <i>Ciruelas y ciruela pasa</i> )	-0.5-0	31-32	90-95	2-5 semanas
Pomegranates ( <i>Granada</i> )	5	41	90-95	2-3 meses
Potatoes, early crop ( <i>Papas tempraneras</i> )	10-16	50-60	90-95	10-14 días
Potatoes, late crop ( <i>Papas, tardías</i> )	4.5-13	40-55	90-95	5-10 meses
Pummelo ( <i>Pomelo</i> )	7-9	45-48	85-90	12 semanas

Pumpkins ( <i>Calabazas</i> )	10-13	50-55	50-70	2-3 meses
Quinces ( <i>Membrillo</i> )	-0.5-0	31-32	90	2-3 meses
Raddichio ( <i>Raddichio</i> )	0-1	32-34	95-100	2-3 semanas
Radishes, spring ( <i>Rábano de primavera</i> )	0	32	95-100	3-4 semanas
Radishes, winter ( <i>Rábano de invierno</i> )	0	32	95-100	2-4 meses
Rambutan ( <i>Rambutan</i> )	12	54	90-95	1-3 semanas
Raspberries ( <i>Frambuesa</i> )	-0.5-0	31-32	90-95	2-3 días
Rhubarb ( <i>Ruibarbo</i> )	0	32	95-100	2-4 semanas
Rutabagas ( <i>Rutabaga</i> )	0	32	98-100	4-6 meses
Salsify ( <i>Salsifí</i> )		32	95-98	2-4 meses
Santol ( <i>Santol</i> )	3-9	45-48	85-90	3 semanas
Sapodilla ( <i>Chico Zapote</i> )	16-20	60-68	85-90	2-3 semanas
Scorzonera ( <i>Salsidi negro</i> )	0-1	32-34	95-98	6 meses
Seedless cucumbers ( <i>Pepinos sin semilla</i> )	10-13	50-55	85-90	10-14 días
Snow peas ( <i>Arveja china</i> )	0-1	32-34	90-95	1-2 semanas
Soursop ( <i>Guanábana</i> )	13	55	85-90	1-2 semanas
Spinach ( <i>Espinaca</i> )	0	32	95-100	10-14 días
Squashes, summer ( <i>Calabacita de veranos</i> )	5-10	41-50	95	1-2 semanas
Squashes, winter ( <i>Calabacita de invierno</i> )	10-13	50-55	50-70	2-3 meses
Strawberries ( <i>Fresa</i> )	0	32	90-95	5-7 días
Sugar apples ( <i>Anona</i> )	7	45	85-90	4 semanas
Sweetpotatoes ( <i>Camote</i> )	13-15	55-60	85-90	4-7 meses
Tamarillos ( <i>Tamarilo</i> )	3-4	37-40	85-95	10 semanas
Tamarinds ( <i>Tamarindo</i> )	7	45	90-95	3-4 semanas
Tangerines, mandarins, and related citrus fruits ( <i>Tangerinas, mandarinas y frutas cítricas afines</i> )	4	40	90-95	2-4 semanas
Taro root ( <i>Taro</i> )	7-10	45-50	85-90	4-5 meses
Tomatillos ( <i>Tomatillo</i> )	13-15	55-60	85-90	3 semanas
Tomatoes, mature-green ( <i>Tomate, sazón</i> )	18-22	65-72	90-95	1-3 semanas
Tomatoes, firm-ripe ( <i>Tomate, maduro firme</i> )	13-15	55-60	90-95	4-7 días
Turnips ( <i>Nabo</i> )	0	32	95	4-5 meses
Turnip greens ( <i>Hojas de nabo</i> )	0	32	95-100	10-14 días
Ugli fruit ( <i>Ugli</i> )	4	40	90-95	2-3 semanas
Waterchestnuts ( <i>Castaña de agua</i> )	1-2	32-36	98-100	1-2 meses
Watercress ( <i>Berro</i> )	0	32	95-100	2-3 semanas
Watermelon ( <i>Sandía</i> )	10-15	50-60	90	2-3 semanas
White sapote ( <i>Zapote blanco</i> )	19-21	67-70	85-90	2-3 semanas
White asparagus ( <i>Espárrago blanco</i> )	0-2	32-36	95-100	2-3 semanas
Winged bean ( <i>Ejote alado</i> )	10	50	90	4 semanas
Yams ( <i>Ñame</i> )	16	61	70-80	6-7 meses
Yucca root ( <i>Yuca</i> )	0-5	32-41	85-90	1-2 meses

Fuente: McGregor, B.M. 1989 *Tropical Products Transport Handbook*. USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook Number 668.

## Prácticas de almacenamiento

La inspección del producto almacenado y la limpieza de los almacenes efectuados regularmente, ayudarán a reducir pérdidas, disminuirán la contaminación por insectos y evitarán la difusión de plagas.

### Inspección del producto y limpieza del almacén

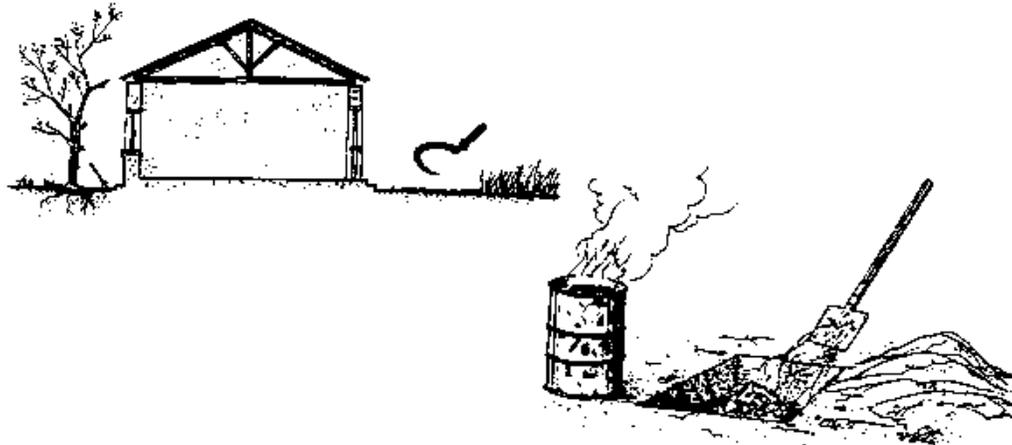


### Limpieza y mantenimiento de los almacenes

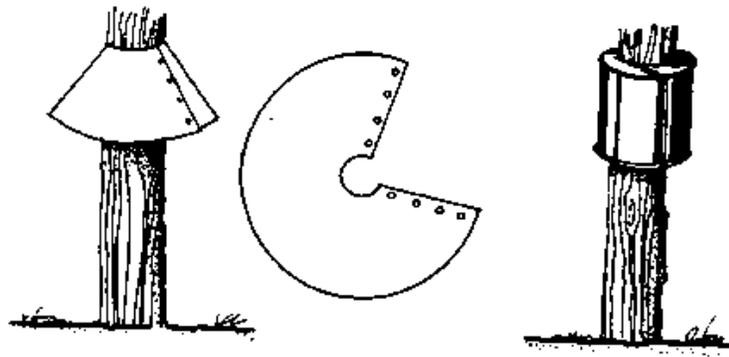


Los almacenes deberán estar protegidas de roedores manteniendo limpias las áreas limítrofes, así como libres de basura y malas hierbas. Los protectores contra ratas pueden hacerse a partir de materiales sencillos como latas viejas de estaño o láminas de metal que se ajusten a los cimientos de los almacenes. Si se desea, pueden utilizarse tecnologías más desarrolladas. Los suelos de hormigón (cemento) ayudarán a prevenir la entrada de roedores, así como el uso de tela metálica en las ventanas, respiraderos y sumideros.

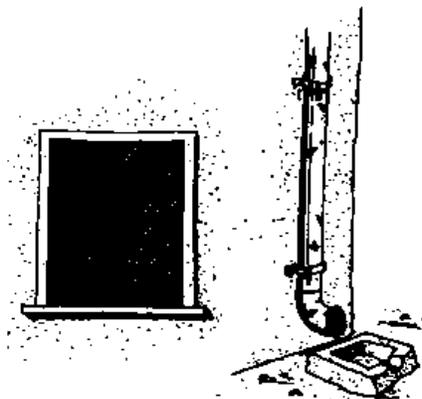
### Eliminación de basura y malas hierbas



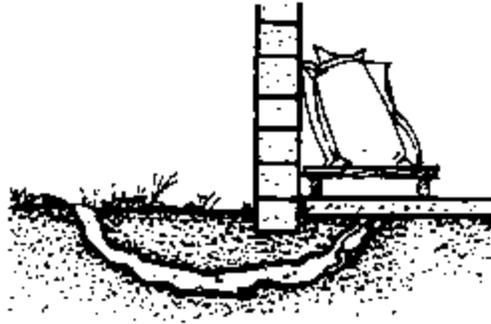
### Protectores contra ratas



### Suelos de cemento



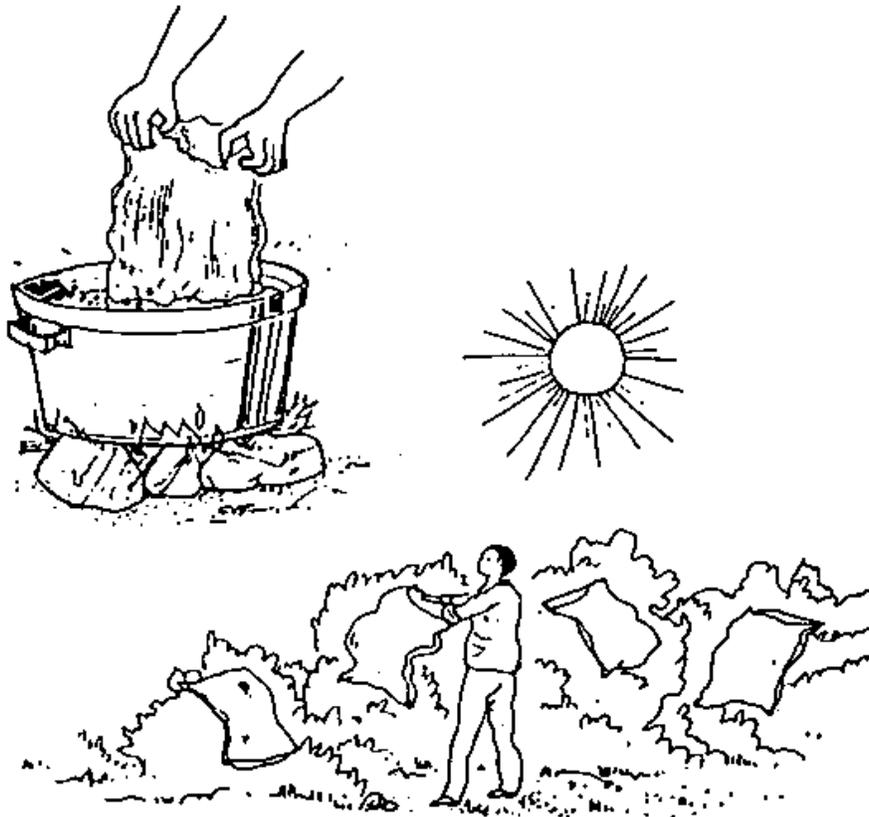
## Paneles metálicos



Fuente: FAO. 1985. Prevention of Post-Harvest Food Losses: A Training Manual. Rome: UNFAO. 120 pp.

Cuando se inspecciona el producto almacenado, cualquier unidad dañada o infectada deberá ser eliminada y destruída. En algunos casos el producto puede aún ser destinado para consumo si se usa inmediatamente, a veces para alimentación animal. Antes de usar las cajas o sacos se deberán desinfectar con agua clorada o hirviendo.

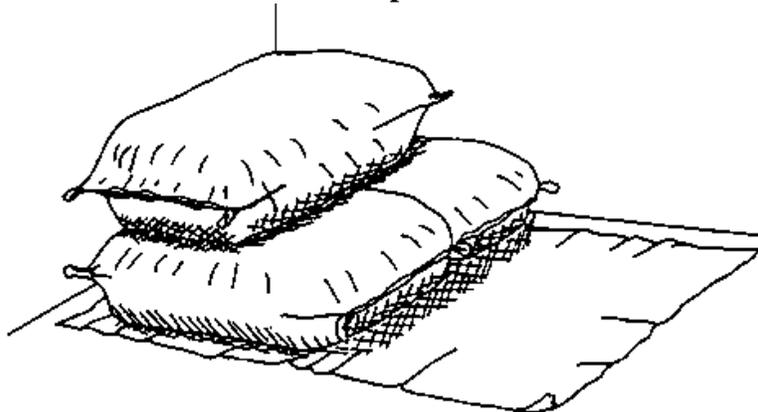
## Desinfección de sacos usados



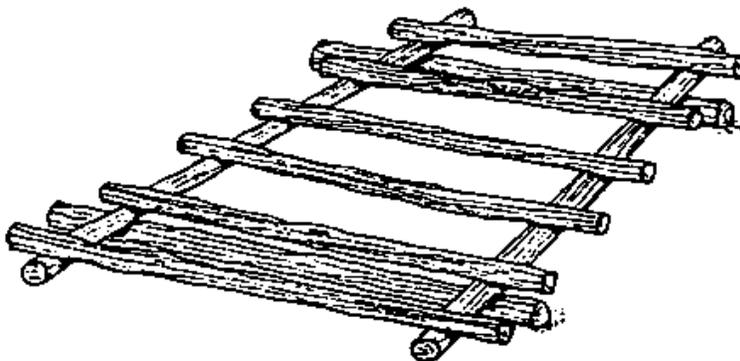
Fuente: FAO 1985 Prevention of Post-Harvest Food Losses: A Training Manual. Rome: UNFAO. 120 pp.

La colocación de materiales sobre el suelo por debajo de los sacos o las cajas previene de la humedad que puede absorber el producto. Esto ayudará a reducir las posibilidades de infección fúngica, a la vez que mejora la ventilación e higiene en el almacén. Algunos ejemplos de materiales útiles se muestran a continuación:

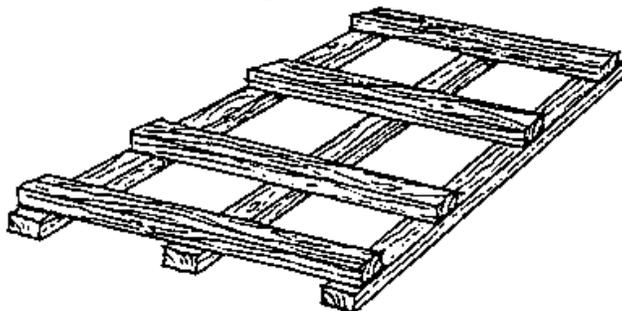
**Láminas impermeables**



**Tarima rústica**



**Tarimas (pallets) de madera**



Fuente: FAO. 1985. Prevention of Post-Harvest Food Losses: A Training Manual. Rome: UNFAO. 120 pp.

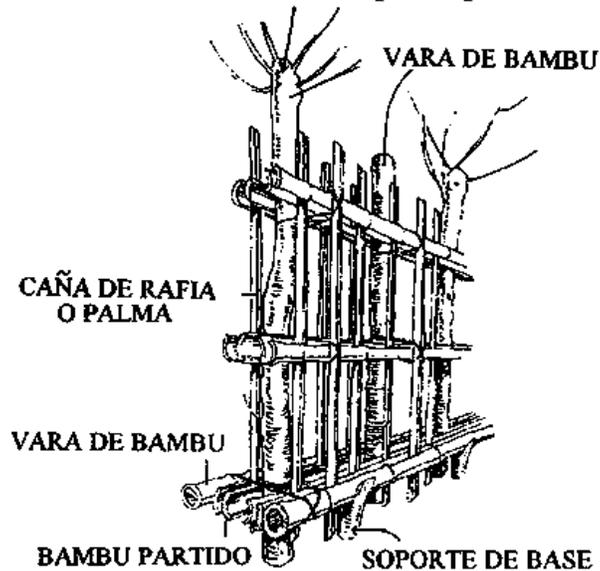
## Instalaciones de almacenamiento

El cobertizo para ñame es una estructura tradicional usada en África Occidental para almacenar este producto después del curado. Se usan árboles vivos y de crecimiento rápido para crear una estructura rectangular y formar el marco del cobertizo, así como proporcionar sombra.

Cobertizo con sombra viva - vista exterior del



Tronco del árbol de crecimiento rápido - plantado "in situ"

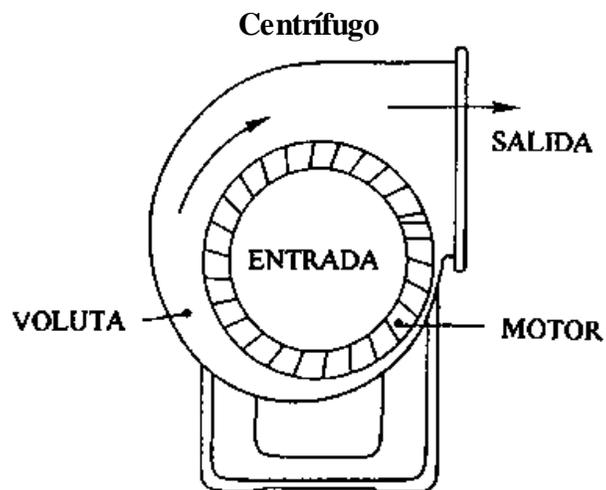


## Interior del cobertizo mostrando el amarrado del ñame

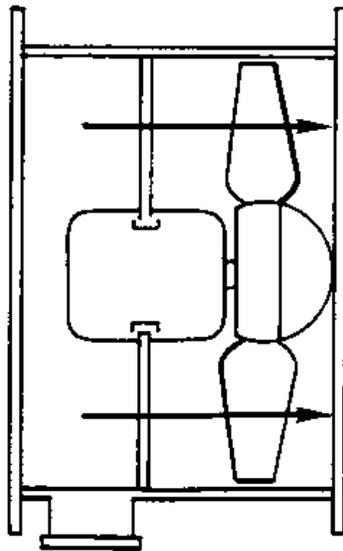


Fuente: Wilson, J. No date. Careful Storage of Yams: Some Basic Principles to Reduce Losses. London, England: Commonwealth Secretariat / International Institute of Tropical Agriculture.

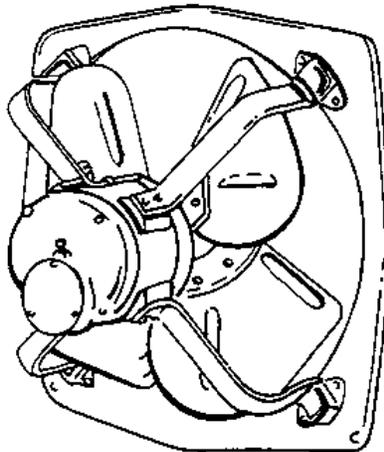
Las instalaciones de almacenamiento requieren una ventilación adecuada con el fin de extender la vida útil del producto y mantener su calidad. Los siguientes son tres tipos de ventiladores de uso común:



**De flujo axial**

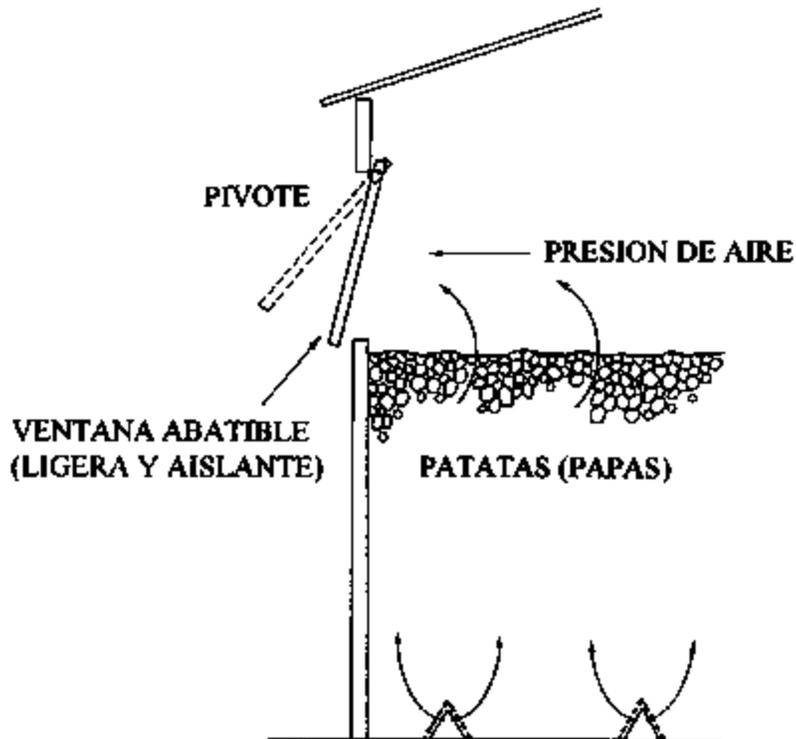


**Propulsor / Expulsor**



Fuente: Potato Marketing Board. No date. Control of Environment, Part 2 London: Sutton Bridge Experiment Station, Report No. 6.

La ventilación en los almacenes mejora si las entradas de aire están localizadas en la parte inferior y las salidas en la parte superior. Un respiradero sencillo y ligero consiste de una ventana abatible por presión.

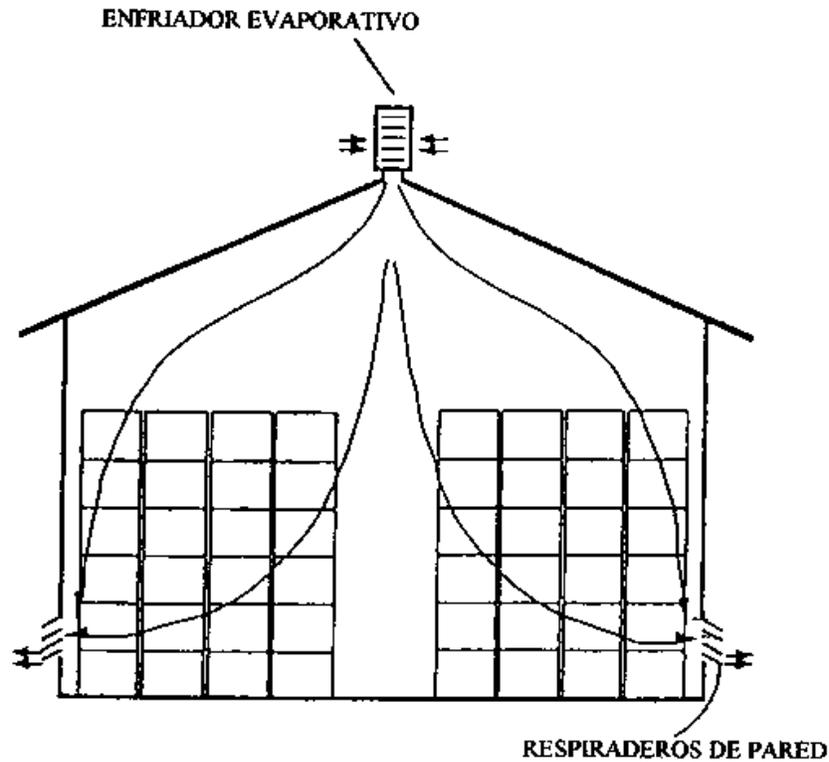


Fuente: Potato Marketing Board. No date. Control of Environment, Part 2 London: Sutton Bridge Experiment Station, Report No. 6.

Cualquier edificio o construcción utilizada para el almacenamiento de cultivos hortícolas deberá estar aislada para que la efectividad sea máxima. Un edificio refrigerado requerirá menos energía para producir frío si está bien aislado. Si la estructura es enfriada por ventilación evaporativa o aire nocturno, un edificio bien aislado mantendrá el aire enfriado más tiempo.

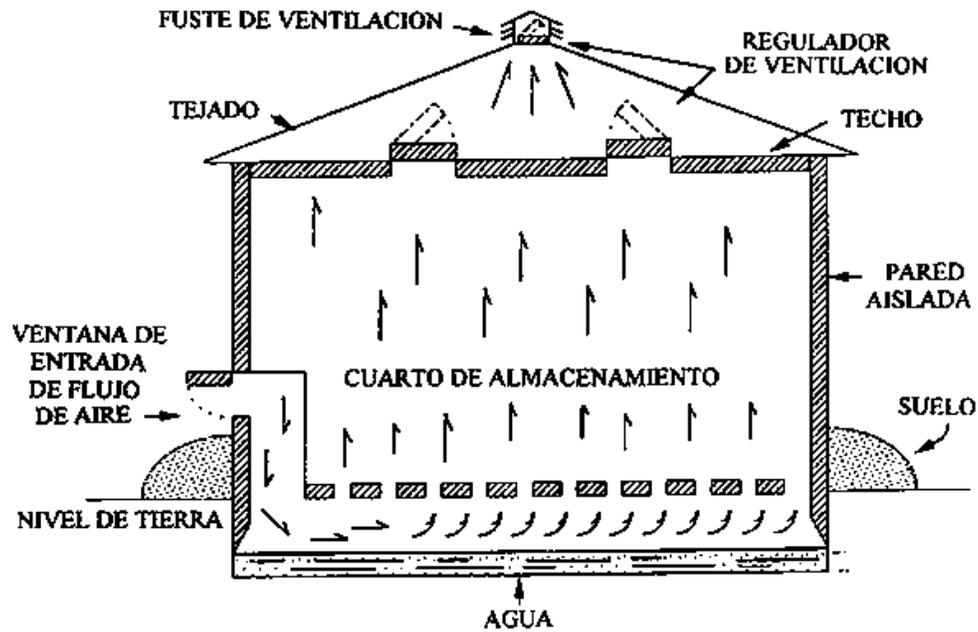
El valor de aislamiento  $R$  de algunos de los materiales de construcción más comunes se presenta a continuación.  $R$  se refiere a la resistencia, a mayor valor  $R$  mayor es la resistencia del material a la conducción de calor y mejores son las propiedades aislantes del material.

Un enfriador evaporativo localizado en la cima de un almacén puede enfriar un cuarto entero de producto almacenado tal como boniatos (camotes) u otros cultivos sensible al daño por frío. Los respiraderos para el aire de salida deberán estar situados en la base del edificio de forma que el aire sea conducido a través de la sala antes de su salida.



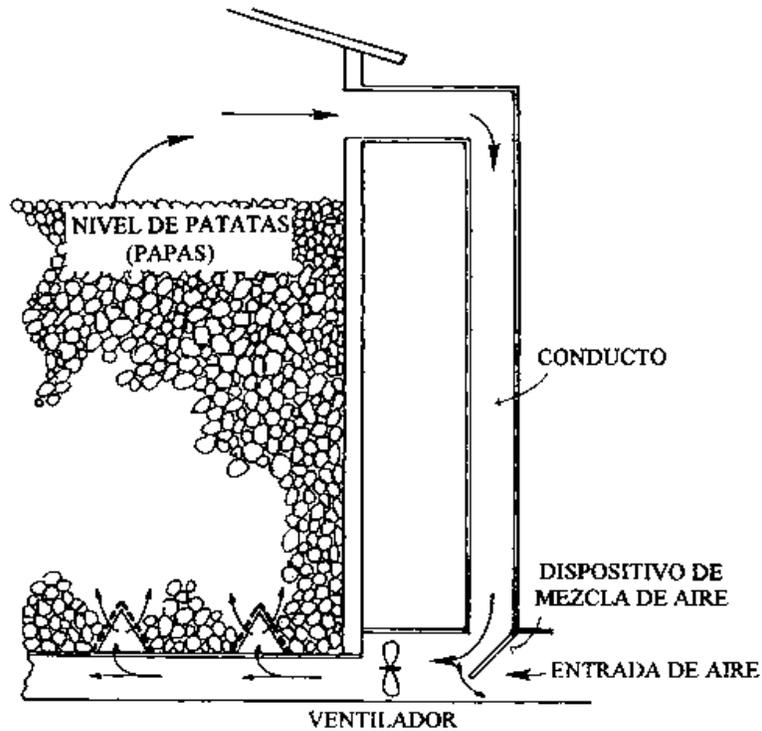
Fuente: Thompson, J.F and Scheuerman, R.W. 1993. Curing and Storing California Sweetpotatoes. Merced County Cooperative Extension, Merced, California 95340

A continuación se ilustra un esquema de una sección transversal de un almacén de frutas. Este sistema fue aprobado oficialmente como el modelo estándar para almacenes de campo por el Ministerio de la Construcción (Corea) en 1983. Como se observa, las entradas de aire están en la base del edificio y el suelo está perforado, permitiendo un movimiento libre de aire. El edificio está posicionado por debajo del nivel de tierra, aprovechando las propiedades enfriantes del suelo.



Fuente: Seung Koo Lee, Assoc. Prof., Postharvest Technology Lab., Department of Horticulture, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.

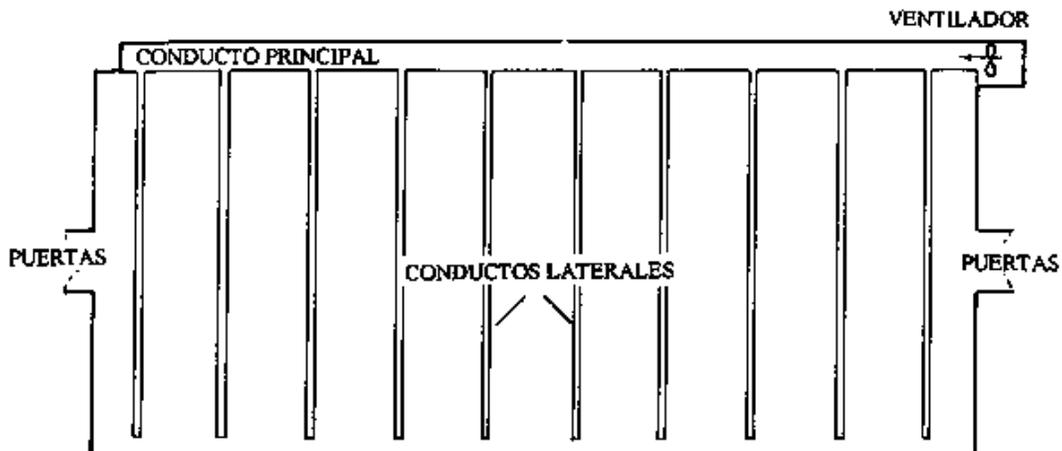
Si las instalaciones de almacenamiento están refrigeradas, el uso de aire exterior para ventilación supone un derroche de energía. Para estos sistemas se puede utilizar un equipo sencillo de recirculación de aire diseñado mediante la colocación de un ventilador por debajo del nivel del suelo y la provisión de un espacio libre en un extremo del almacén para que el aire frío retorne a los respiraderos de entrada.



Fuente: Potato Marketing Board. No date. Control of Environment, Part 2. London: Sutton Bridge Experiment Station, Report No. 6.

Una arreglo apropiado de los conductos del piso para la circulación del aire mejorará la ventilación en el almacén. Los conductos laterales deberán estar a 2 metros de separación y la velocidad del flujo de aire desde el conducto principal deberá ser de 10 a 13 metros/segundo.

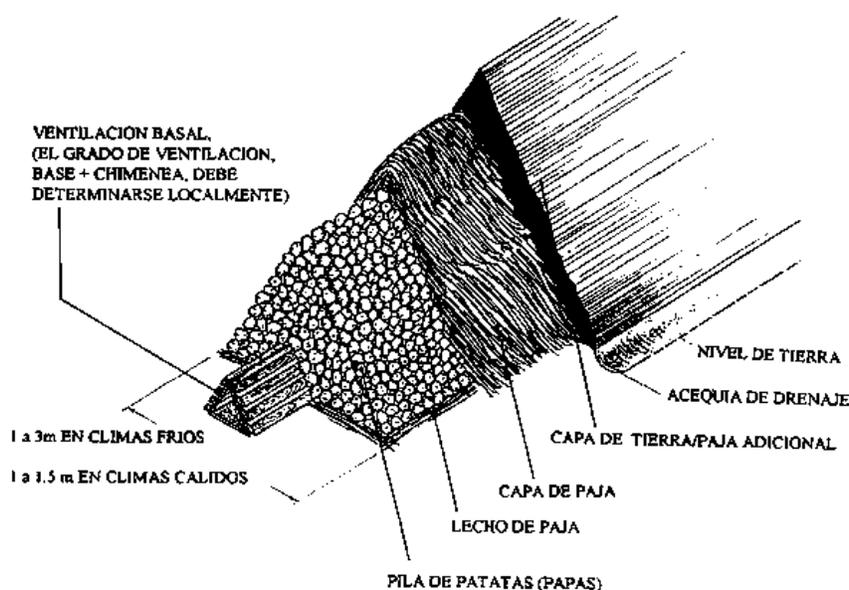
### Conducto longitudinal principal



## Patatas (papas)

Cuando se almacenan patatas, una pila de almacenamiento en campo es una tecnología de bajo costo que puede ser diseñada utilizando materiales disponibles localmente para la ventilación y el aislamiento. En el ejemplo ilustrado a continuación se emplea un entablado piramidal para la ventilación y paja para el aislamiento. La pila completa de patatas y paja se cubre con una capa de tierra, que no deberá ser muy compacta. En regiones muy frías, se puede añadir una segunda capa de paja y tierra. En regiones cálidas, se requiere menos tierra, pero una mayor ventilación, que se consigue construyendo unas salidas de aire a modo de chimenea en la parte superior de la pila.

### Pila de almacenamiento en campo

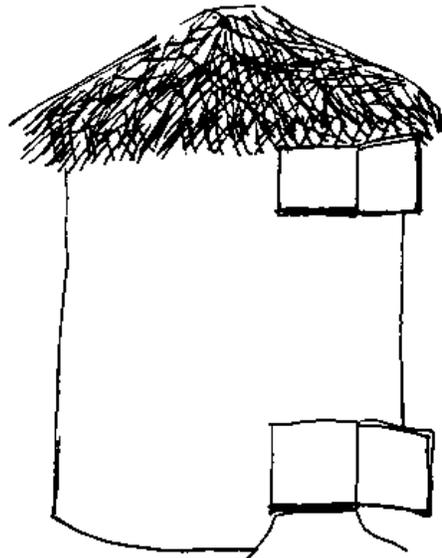


Fuente: CIP. 1981. Principles of Potato Storage. Lima, Peru: International Potato Center (CIP). 105 pp.

Unos almacenes sencillos pueden construirse para pequeños volúmenes de producción. Los ejemplos ilustrados a continuación pueden almacenar de 1 a 2 toneladas métricas y se usan en fincas agrícolas y en granjas de regiones montañosas. El primero está hecha a partir de tablas de madera pintadas de blanco para reducir la acumulación del calor del sol y cubierta con un techo de paja con alerones para proteger del sol y la lluvia. Está provista de una puerta grande en uno de los lados para carga y descarga.

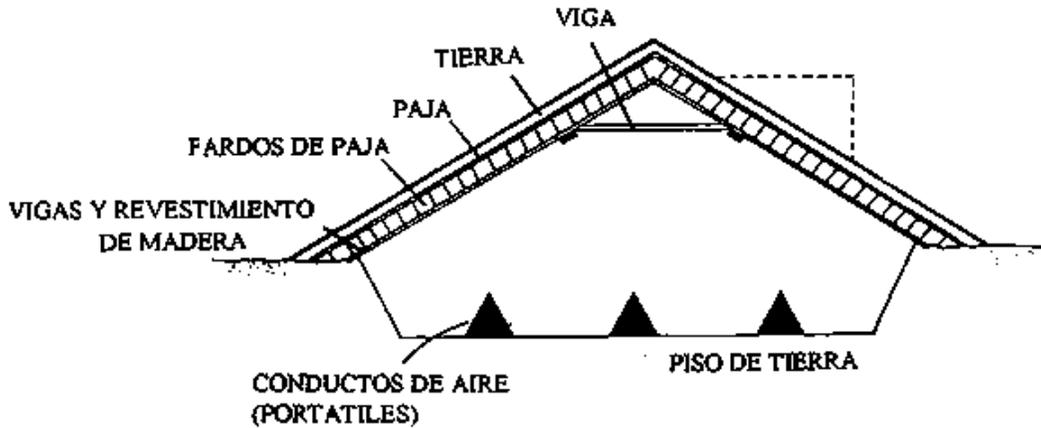


El segundo almacén está construido con madera, yeso y ladrillos de arcilla en forma de cilindro. Tiene dos puertas, una en la parte superior para carga y la otra en la parte inferior para una fácil extracción de las patatas para la venta o el consumo. El color blanco ayuda a reducir la acumulación de calor y un techo cónico con alerón de paja lo protege de la lluvia y el sol.



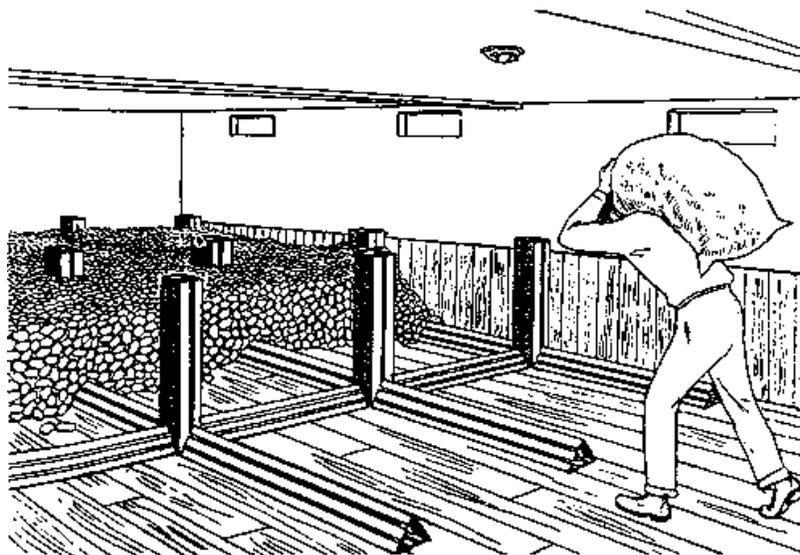
Fuente: CIP. 1981. Principles of Potato Storage. Lima, Peru: International Potato Center (CIP). 105 pp.

Para grandes cantidades de patatas se puede construir un almacén en forma de A. Se excava un foso de aproximadamente 3 metros (10 pies) de profundidad, colocando los conductos de madera para aireación a lo largo del plano de la tierra. El techo de la instalación se construye de madera y a continuación se cubre de paja y tierra.



Fuente: University of Idaho. No date. Idaho Potato Storage. Agricultural Experiment Station, College of Agriculture, Bulletin 410.

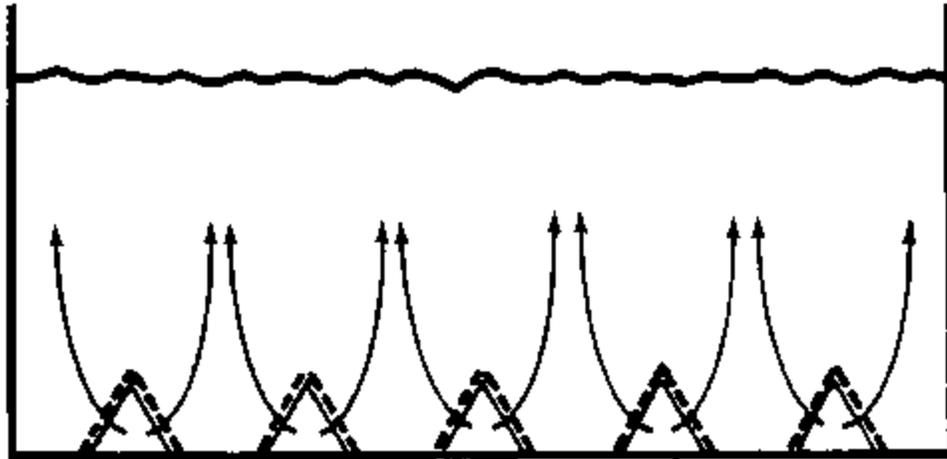
Los conductos de ventilación para los grandes almacenes se pueden instalar tanto vertical como horizontalmente. El almacén para patatas que se muestra abajo proporciona una buena ventilación utilizando materiales sencillos. El almacén puede ser de cualquier tamaño o forma dado que los conductos de aire pueden extenderse a lo largo y a lo ancho de él.



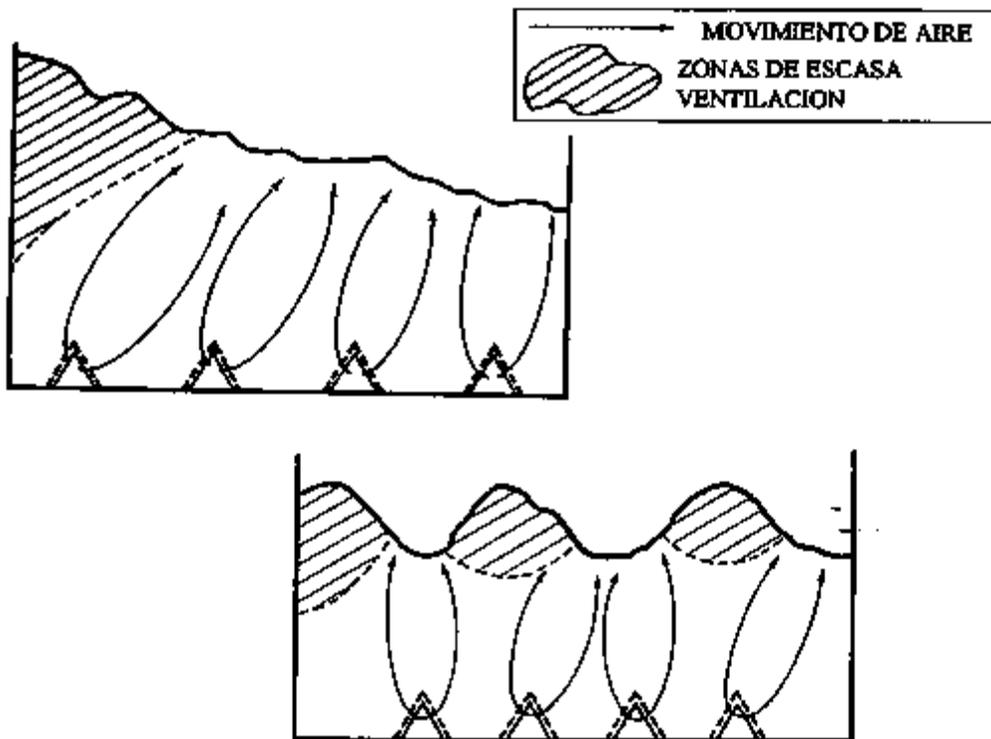
Fuente: Lopez, E.G. 1983. Conservacion de la Produccion Agricola. Barcelona: Editorial Aedos. 188 pp.

Cuando se cargan patatas dentro de un gran almacén es importante distribuir uniformemente el producto para una buena ventilación. Las cargas desniveladas impiden el movimiento del aire y causan pérdidas debido a una ventilación inadecuada.

### Distribución uniforme de patatas en el almacén



### Distribución no uniforme de patatas en el almacén



## Atmosferas modificadas en tarima

El establecimiento de una atmósfera modificada en una sola tarima de carga de producto es posible utilizando tecnología relativamente sencilla. La tarima es primeramente cubierta con polietileno, se apilan las cajas, se cubre con una capa de polietileno y finalmente se sella con cinta adhesiva. Se crea un ligero vacío y entonces la mezcla de gas deseada se puede introducir (Kader, 1992).

