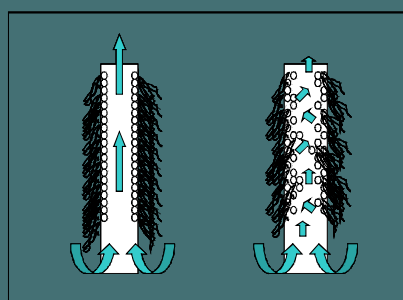


# Secaderos verticales de ajo Principios de funcionamiento

Burba, J.L.; López, A.M.

Estación Experimental Agropecuaria La Consulta  
2007



## SECADEROS VERTICALES DE AJO

### Principios de funcionamiento

BURBA, J.L. y LOPEZ, A.M.  
proajointa@laconsulta.inta.gov.ar

La producción de ajo en Mendoza tiene una oferta estacional y una demanda extendida en el tiempo, por lo que existe un desfase entre producción y consumo. Este desfase es salvado por el sistema de acondicionamiento > almacenamiento > conservación que permite diferir la oferta en el tiempo hasta el momento de la comercialización.

Los bulbos de ajo deben ser colocados en situaciones favorables para evitar la brotación anticipada, deshidrataciones bruscas, manchas, podredumbres o ataques de plagas.

Esta situación muchas veces es difícil de lograr y mantener ya que se trata de organismos vivos cuyo comportamiento está influenciado por las condiciones ambientales, siendo la temperatura y la humedad las principales variables que los afectan y la ventilación/aireación la principal herramienta.

Ventilar los bulbos (y sus hojas), para secarlos externamente, es lograr el paso de un determinado volumen de aire a través de ellos, manteniendo la temperatura por debajo de ciertos valores.

Para ello se diseñaron estructuras, llamadas secaderos verticales, construidas en metal (Figura 1) o en madera (Figura 2), que permiten almacenar ajos "verdes en rama" (recién cosechados y en atados), colocando los bulbos hacia adentro y las hojas hacia afuera de cada par de espaldero, y cumpliendo con las 4 premisas de la pos cosecha de los bulbos de ajo:

1. Deben mantenerse a la sombra
2. Deben rodearse de aire circulando al menos durante 72 horas pos cosecha
3. No deben compartir el espacio con las hojas
4. No deben superar temperaturas de 30 °C a 32 °C.

### Fundamentos teóricos

#### Definiciones

- La **humedad del bulbo** es la relación entre la cantidad de agua y la cantidad de materia seca mas agua contenida en las hojas envoltentes del mismo (chalas o catafilas), y se expresa en porcentaje en relación a base húmeda. Para estos fines se considera como bulbo al conjunto de "dientes" apoyados sobre el disco, libre de raíces, cortado a 2 cm del hombro.
- La **humedad relativa (HR), del ambiente** es la relación que expresa la cantidad de vapor de agua que contiene el aire para una determinada temperatura, con respecto a su contenido en el punto de saturación.



Figura 1. Vista frontal de un secadero vertical metálico  
(ver carga en el sector izquierdo)



Figura 2. Vista frontal de un secadero vertical de madera  
(ver al centro/derecha modificación para secar aromáticas)

## Proceso de ventilación/aireación

En un secadero vertical, en los espalderos, comparten el espacio los bulbos, los restos de raíces con tierra, las hojas y otros organismos vivos como hongos, insectos y ácaros. Entre el aire que rodea a bulbos y hojas y estos se establece un intercambio de energía ya sea en forma de calor, agua o gases hasta que llegan a un equilibrio.

Para cada contenido de humedad y temperatura del aire habrá un contenido de humedad del bulbo en equilibrio. Cada variedad y calibre de ajo se puede establecer una serie de curvas isotérmicas que traducen este equilibrio.

Los procesos de intercambio de energía entre el aire que rodea a los bulbos y la masa de estos son los que permitirán controlar la temperatura del sistema. En una masa de bulbos confinada, sin aireación, el aire que rodea a los bulbos alcanzará su equilibrio térmico e hídrico con los bulbos en un tiempo más o menos prolongado.

El secadero vertical permite el acceso de aire frío por la parte inferior de los espalderos (ventilación inferior), ascendiendo por entre los bulbos y generando una corriente que se calienta y humedece a medida que atraviesa la masa de bulbos (Figura 3).

Cuando se ventila, un determinado volumen de aire es desplazado (desplazando el punto de equilibrio), obligando al sistema a realizar intercambios de energía para alcanzar un nuevo punto de equilibrio.

Cuando el aire que ingresa es más frío que los bulbos, pasará calor de los bulbos hacia el aire y estos bajarán su temperatura. Si la humedad relativa del aire que circula está por debajo de la humedad relativa de equilibrio, se producirá evaporación de una cierta cantidad de agua de los bulbos a expensas de su calor hasta situarse nuevamente en el punto de equilibrio, disminuyendo aún más su temperatura.

Los bulbos recién cosechados (como todo organismo vivo), obtienen la energía necesaria para sus procesos metabólicos de la respiración de sus sustancias de reserva. Cuando respiran consumen oxígeno del aire que los rodea y liberan dióxido de carbono, calor y agua. Estos productos de la respiración deben ser controlados por medio de la ventilación, ya que si esto no ocurre aumentan los riesgos de degradación.

Diariamente se producen dentro del secadero vertical cambios de temperatura debido a la respiración de la masa vegetal y la radiación solar. Esto genera gradientes térmicos y la humedad tiende a moverse desde las zonas calientes hacia las zonas frías (movimientos convectivos).

Estos movimientos se dan ya que los bulbos próximos a los laterales del secadero están más influenciados por las condiciones externas. Durante la noche las bajas temperaturas del aire enfrían estos sectores unos grados por debajo del resto. De esta manera el aire que está entre la masa de bulbos se enfría, disminuye su volumen, aumenta la densidad y tiende a bajar. El aire más frío y denso que desciende desplaza al más cálido y menos denso de la región central que se ve obligado a ascender (Figura 3).

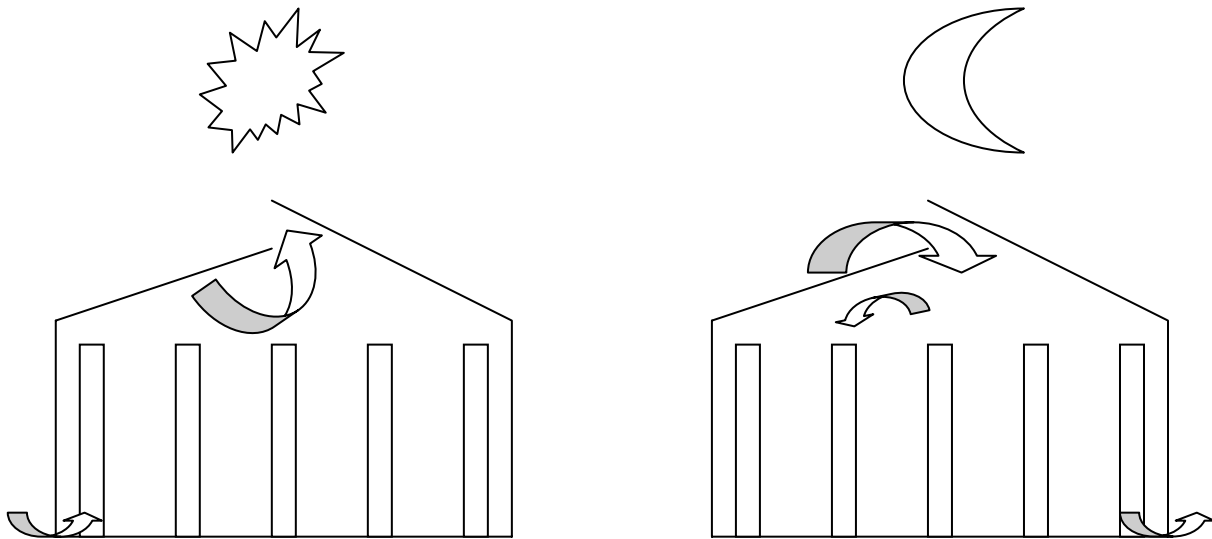


Figura 3. Movimientos convectivos diurnos (izquierda), y nocturnos (derecha) del aire en un secadero vertical

La HR del aire varía con la temperatura: cuanto mas caliente es el aire mayor será su capacidad para contener agua, por lo que la HR disminuye al calentarse y aumenta al enfriarse.

Cuando la temperatura de los bulbos es mayor que la del ambiente (ocurre generalmente durante la noche o madrugada), a causa de los movimientos convectivos, podrá haber condensación en el techo, mientras que si es menor (ocurre durante el medio día o la tarde), podrá haber condensación en el piso.

Si la ventilación es insuficiente (circula pero no enfría), no permite que la temperatura de los bulbos descienda pero se inyecta mas oxígeno que estimula la respiración y puede derivar en mayores pérdidas de materia seca.

El movimiento del aire a través de la masa de bulbos se denomina flujo. A medida que al aire avanza entre los bulbos se van produciendo disminuciones de la energía (pérdidas de carga), de dicho flujo debido a fricciones y turbulencias.

Estas resistencias al paso del aire depende de varios factores como la carga excesiva de los espalderos (mas de 180 kg de ajo "verde en rama" por m<sup>2</sup>); el tamaño de los bulbos (mientras mas pequeños mejor se acomodan y mas resistencia ofrecen); el tamaño de los atados y el espacio entre espalderos y pasillos.

Cuando aumenta el volumen de aire de ventilación también aumenta la resistencia a su flujo, y por otro lado, cuando la humedad de los bulbos es alta, también lo es la del aire que los rodea por lo que la resistencia al flujo de los bulbos húmedos es menor que cuando están secos. El sentido del flujo de aire a través de la masa de bulbos tiene un efecto marcado sobre las pérdidas de carga, aceptándose que el flujo horizontal es sensiblemente menor que el vertical.

Las características aerodinámicas de los secaderos verticales (posición cardinal, posición respecto a vientos predominantes, parábola del techo, ventilación cenital, altura de la primera línea inferior de los espalderos, entre otras), son seguramente el factor mas importante, de donde se desprende que cualquier modificación comprometerá correcto su funcionamiento.

La modalidad y prolijidad de la operación de llenado del secadero vertical tendrá mucha incidencia sobre la eficiencia de la ventilación. Si por ejemplo existe poco espacio entre las paredes de bulbos de los espalderos, o estos son irregulares, los cambios de sección y de rugosidad (Figura 4), aumentará las pérdidas carga y por lo tanto la velocidad del proceso.

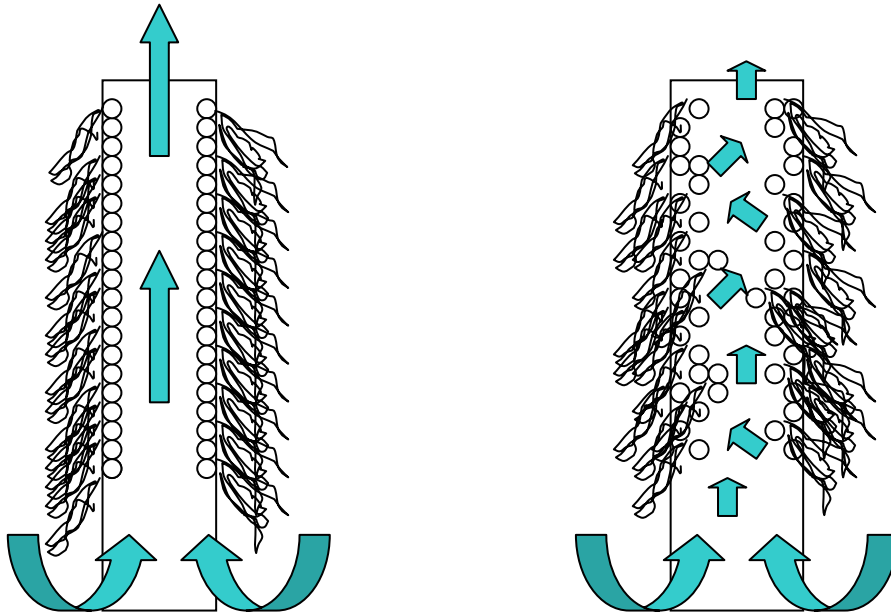


Figura 4 – A la izquierda correcta disposición de los bulbos en el espaldero, a la derecha posición incorrecta

Una de las primeras consideraciones a tener en cuenta para la correcta ventilación de un secadero vertical es la referida al cálculo del Caudal Específico del Aire, que se define como el volumen de aire que ingresa a la estructura medida en m<sup>3</sup> de aire por hora por m<sup>3</sup> de masa de bulbos.

La ausencia de un "volumen de escape" de aire caliente y húmedo suficientemente grande en el secadero, dará lugar a eventuales condensaciones y "lluvia" dentro del mismo.

Esta relación de "volumen de escape" o espacio libre para eliminar el vapor de agua, debe ser aproximadamente el 25 % de la superficie evaporante del secadero en el perfil de un secadero parabólico y del 15 % en un secadero de techos asimétricos, como muestra la Figura 5.

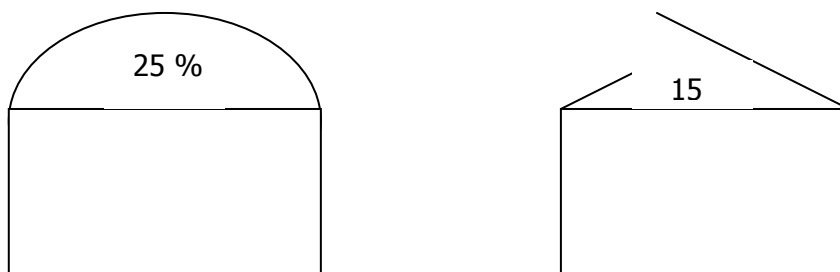


Figura 5 – Relación de ventilación de secaderos verticales