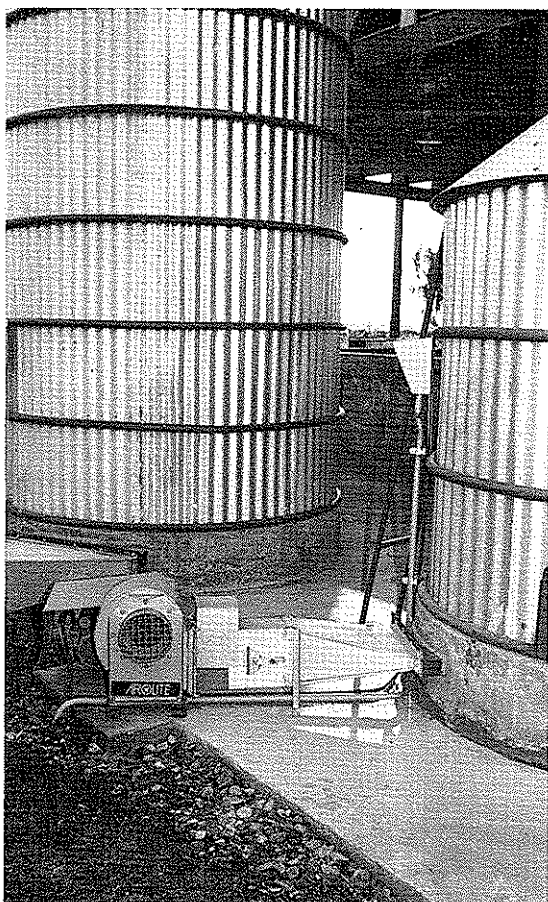


# Secado, aireación y termometría de granos

Ricardo Muñoz C.  
*Ingeniero Agrónomo Mg.I.A.*



La influencia de la humedad y temperatura en el incremento de agentes biológicos que deterioran los granos almacenados, se ha señalado en números anteriores de IPA La Platina (N<sup>os</sup> 34 y 35).

El presente artículo pretende entregar mayores antecedentes sobre secado, aireación y termometría, que son tecnologías fundamentales en el acondicionamiento, almacenaje y conservación.

## SISTEMA DE SECADO ARTIFICIAL

Se puede decir que existen dos sistemas de secado de grano:

**Secado a bajas temperaturas:** es ejecutado con aire natural o calentado de 1 a 10°C sobre la temperatura ambiente.

Este proceso, cuando se realiza sin demoras excesivas, contribuye a obtener un producto de mejor calidad, principalmente en granos destinados a semillas. Sin embargo, si se ocupa aire natural y las condiciones atmosféricas (temperatura y humedad relativa) no son adecuadas, el secado requiere un mayor tiempo y los granos pueden perder sus cualidades por germinaciones prematuras, rehumedecimiento periódico, ataques de microorganismos e insectos, etc.

**Secado a altas temperaturas:** se lleva a cabo con aire caliente por encima de los 50°C y puede llegar en tipos muy especiales de secadores hasta 250°C sin afectar su calidad final. En todo caso, el producto nunca debe sobrepasar temperaturas de 60°C.

El secado a altas temperaturas es menos dependiente de las condiciones atmosféricas locales. Un aumento de la temperatura implica menor gasto de energía por unidad de agua removida y una mayor velocidad de secado. En contrapartida, las altas temperaturas pueden reducir la germinación, provocar cocimiento del producto y cambiar las características físicas, químicas y biológicas del grano, si no se toman las medidas apropiadas de manejo.

## AIREACION

La aireación consiste en homogeneizar la temperatura y enfriar los granos mediante el uso de aire ambiental para mantenerlos en buenas condiciones de conservación.

Cuando los granos almacenados tienen una temperatura más alta que el aire ambiental exterior a la estructura de almacenaje, se origina una corriente convectiva natural (Figura 1). El aire fluye hacia abajo del silo-almacén a lo largo de las paredes, y hacia arriba por el centro de la masa caliente de granos. La superficie de los granos está fría en la parte más alta y la humedad que lleva el aire se condensa sobre la masa de granos, subiendo el contenido de humedad en ese sector.

Si los granos almacenados tienen una temperatura más baja que el aire exterior al almacén, la corriente convectiva del aire fluye hacia abajo por el centro del almacén, depositando humedad en el fondo frío de la masa de granos (Figura 2).

En el proceso de aireación se distinguen los siguientes propósitos principales:

### Enfriamiento

Cuando el aire ambiente está a una temperatura inferior a la de los granos favorece el enfriamiento, lo que hace posible almacenar con contenido de humedad más altos. Por ejemplo, el maíz conservado a temperatura de  $15,6^{\circ}\text{C}$  y contenidos de humedad de 20 por ciento, tiene un período de almacenaje seguro de 27 días; sin embargo, a temperaturas de  $24^{\circ}\text{C}$  y 20 por ciento de humedad, tiene 12 días de almacenaje seguro (IPA La Platina N° 34).

Los datos corresponden a estudios extranjeros. En Chile, se requiere determinar las combinaciones de temperatura del ambiente de almacenaje y de humedad del grano que permitan un almacenamiento sin deterioro.

### Homogeneización de temperaturas

Como los granos son buenos aisladores térmicos, la igualación de temperatura no se consigue por transferencia de calor. La técnica de aireación es una alternativa rápida para estratos de granos que están a distintas temperaturas.

Ello adquiere especial importancia porque dichas diferencias pueden provocar migraciones de humedad que al condensarse deterioran el contenido del silo o almacén.

### Mantención temporal de los granos

Con frecuencia los granos se cosechan con altos contenidos de humedad (mayores a 15 por ciento base húmeda). Si no son secados en forma inme-

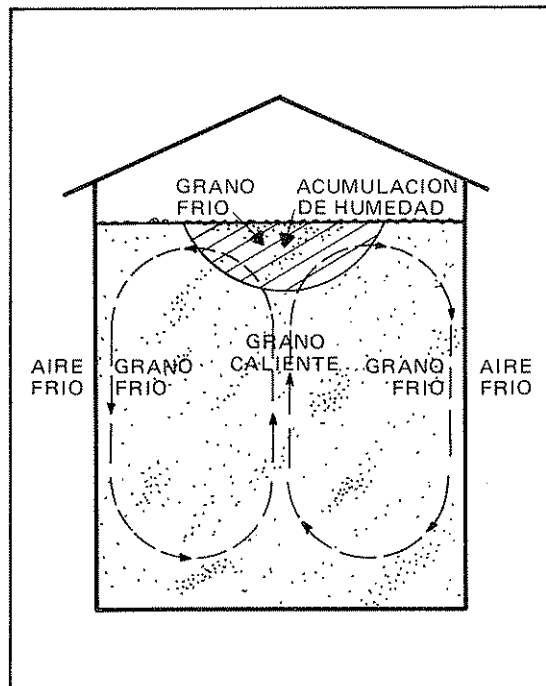


Figura 1. Corrientes convectivas de aire en un almacén de granos calientes y aire ambiente exterior frío.

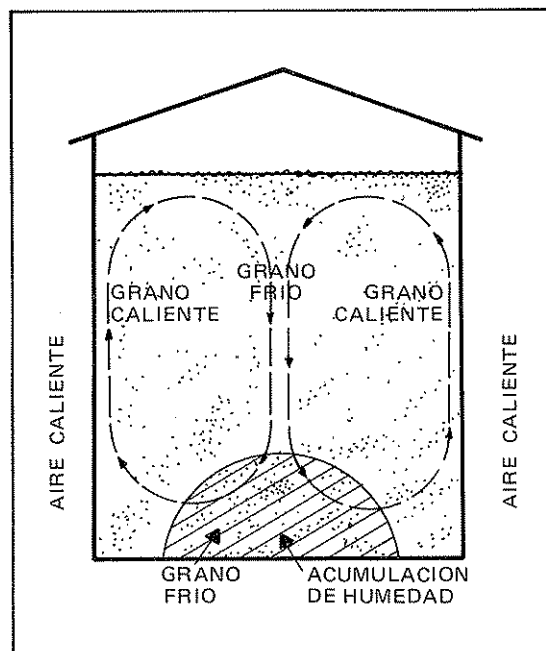


Figura 2. Corrientes convectivas de aire en un almacén de granos fríos y aire ambiente exterior caliente.

diata, lo que sucede cuando se tiene una capacidad de procesamiento menor a la recepción del grano, es posible someterlos a la técnica de aireación. Así el producto se mantiene frío, sin deterioro, hasta que la operación de secado pueda realizarse.

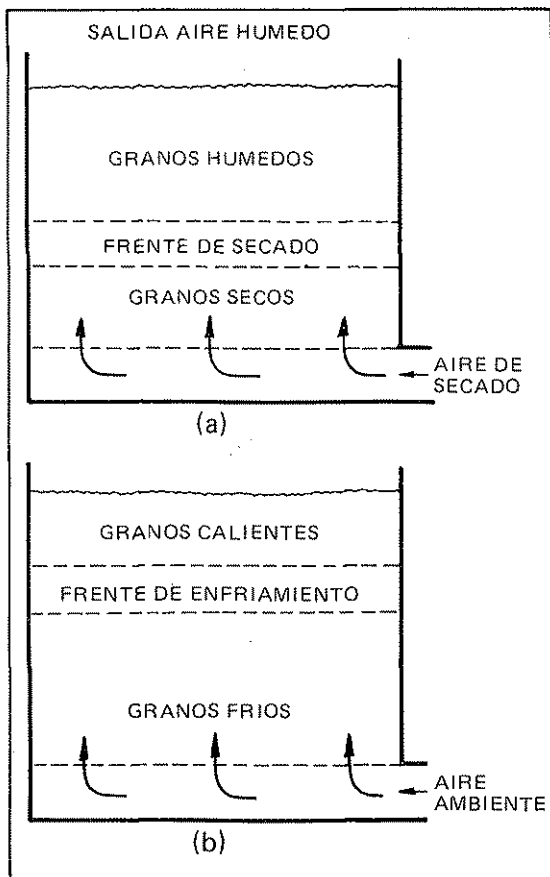


Figura 3. Ventilación en procesos de secado (a) y de aireación (b) con sistema de ductos o pisos perforados.

### Secado lento

La aireación también sirve para secar los granos que no tienen contenidos de humedad elevados (menores a 16 por ciento b.h.), dependiendo de las condiciones climáticas locales. Este método puede ser utilizado en predios de producción relativamente pequeña y en donde el proceso de cosecha sea lento. Además es necesario que el rango de humedad relativa del aire esté entre 40 y 80 por ciento, y que la masa de granos húmedos tenga una altura menor a un metro.

También es posible emplear la aireación para fumiigar o retirar los malos olores de los granos.

Un sistema que combina aspectos del secado y de la aireación es el de "seca-aireación". Consiste en retirar los granos del secado aún calientes y con una humedad de hasta 3 por ciento superior al valor final deseado. Luego de un período de reposo, se efectúa el proceso de aireación. La energía necesaria para completar el secado es proporcionada por el calor de los propios granos. Así, se disminuye el tiempo de permanencia en el secador, con el consiguiente aumento de eficiencia y ahorro de combustible.

### Caudales de aire en secado y aireación

Ambos procesos se pueden realizar impulsando el aire a través del espacio intergranular mediante el uso de ventiladores. Un sistema de ductos o pisos perforados permite una adecuada distribución del flujo de aire (Figura 3).

Los flujos de aire utilizados en secado y aireación difieren notablemente. Los caudales recomendados para aireación varían de 0,05 a 0,6 m<sup>3</sup> por minuto, por tonelada; para secado se sugieren caudales 10 veces mayores, y para el sistema de seca-aireación se indican flujos de aire 2 a 3 veces mayores que los usados para aireación. En todas las prácticas es posible usar flujos superiores a los señalados, dentro de ciertas consideraciones, pero se requiere suministrar más potencia a los equipos.

### TERMOMETRIA

La "grano-termometría" consiste en la medición periódica de temperatura de un lote de granos en varios puntos de la estructura de almacenamiento para establecer cuándo aplicar el proceso de aireación. Constituye la mejor forma de conocer el avance del frente de enfriamiento o secado, y determinar el momento oportuno de detención de las operaciones. Con ello se evita extender demasiado el funcionamiento de los equipos o detenerlos antes de tiempo, lo que sería caro y peligroso.

La baja conductividad térmica de los lotes de granos causa la acumulación interna de calor. Además hace que las fluctuaciones de temperatura exterior no se transfieran fácilmente al interior; por ejemplo, frente a una diferencia térmica de 10°C entre día y noche, la temperatura de un lote de granos a 12,7 cm de profundidad cambia en apenas 0,5°C.

### Medición de temperatura

Para medir la temperatura de los granos, se deben observar los siguientes factores:

- La transferencia de calor de los granos al medidor cuando un foco de calor no está junto a éste se da muy lentamente, necesitando un mínimo de 30 minutos para el equilibrio.
- Las variaciones diarias de temperatura ambiente son tan importantes como la temperatura de un foco de calor, debiendo ser medidas con precisión.
- Hay que determinar la temperatura en un gran número de puntos en el interior de la masa de granos, por sus características aislantes.

**Medición de un punto:** consiste en usar una sonda de metal, dentro de la cual se ha colocado un termómetro común, que se introduce en el interior de la masa de granos (Figura 4). El método es lento y puede conducir a errores cuando se retira el termómetro para la lectura.

**Medición en varios puntos:** corresponde a la colocación de varios pares termoelectrónicos fijados a lo largo de un soporte. Varios soportes se distribuyen por todo el silo, permitiendo medir la temperatura en numerosos puntos de la masa de granos.

Los termopares o pares termoelectrónicos constan de un circuito formado por conductores metálicos diferentes que transforman la energía térmica en fuerza electromotriz de manera proporcional a las variaciones de temperatura. Pueden ser montados a distancias relativamente grandes del instrumento medidor y posibilitan el acceso a lugares difíciles de alcanzar con termómetros comunes.

Para trabajos de almacenamiento es normal usar metales de cobre-constantan o fierro-constantan, por ser más baratos y suficientemente precisos para los rangos en que comúnmente se trabaja.

#### Uso de termopares en silos

La medición de temperatura en silos y graneros se hace por medio de sondas termoelectrónicas, las cuales tienen una serie de alambres de cobre y un alambre central de constantan (Figura 5).

Los termopares son agrupados en una sonda o cabo termométrico, teniendo varias uniones de cobre con constantan. Así se establecen los puntos de termometría a diferentes profundidades de la masa de granos. En grandes volúmenes es necesaria una distribución de varias sondas termoelectrónicas ligadas a un potenciómetro (aparato de lectura), donde se indica la medición con rapidez.

Un sensor de temperatura debe ser colocado fuera del silo, para determinar la temperatura del aire ambiente. Este instrumento puede ponerse en paredes, columnas, techados, etc., teniendo cuidado de ubicarlos en forma de que no interfiera el calor transmitido por esos elementos.

El uso racional del secado, aireación y termometría permite reducir las pérdidas de granos después de la cosecha. Sin embargo, en nuestro país todavía se presentan deficiencias de implementación y manejo.

Para encontrar soluciones, el Programa de Postcosecha estudia y desarrolla tecnologías adecuadas. ●

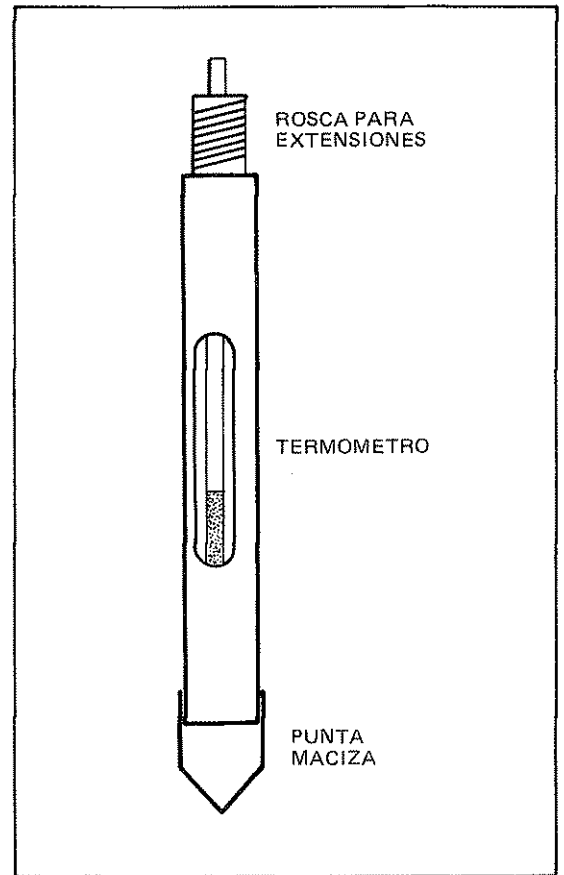


Figura 4. Sonda con termómetro para medición de temperatura en granos.

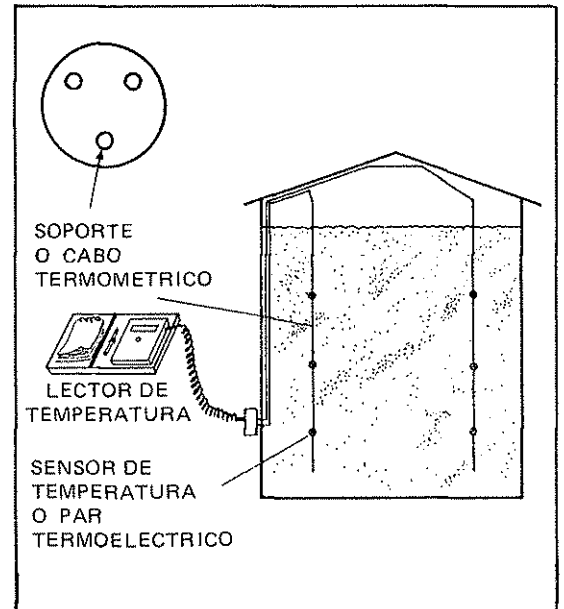


Figura 5. Distribución de cabos termométricos en un silo.