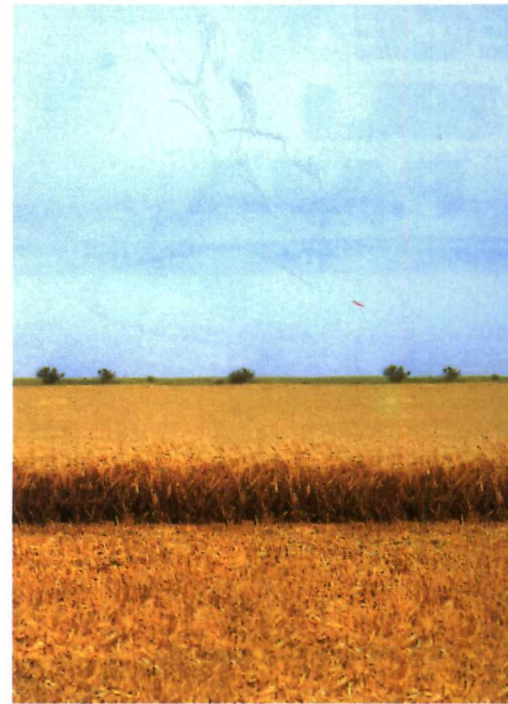


El hombre primitivo se dio cuenta, desde los comienzos de la agricultura, de la importancia del secado para conservar el grano, y pronto empezó a buscar sistemas naturales para realizarlo, utilizando las ventajas que proporcionaba el clima: insolación y viento. Cuando el clima no le era favorable, buscaba alternativas, inventando instalaciones que, con el aporte de calor y forzando el paso del aire, producían el secado: los secaderos.



FORMAS CONSTRUCTIVAS DE LOS SECADEROS

Las clasificaciones de los secaderos responden a la movilidad o no de los granos. En función de esta movilidad se encuentran los siguientes tipos: estáticos, estáticos con recirculación del grano y continuos.

Secaderos estáticos

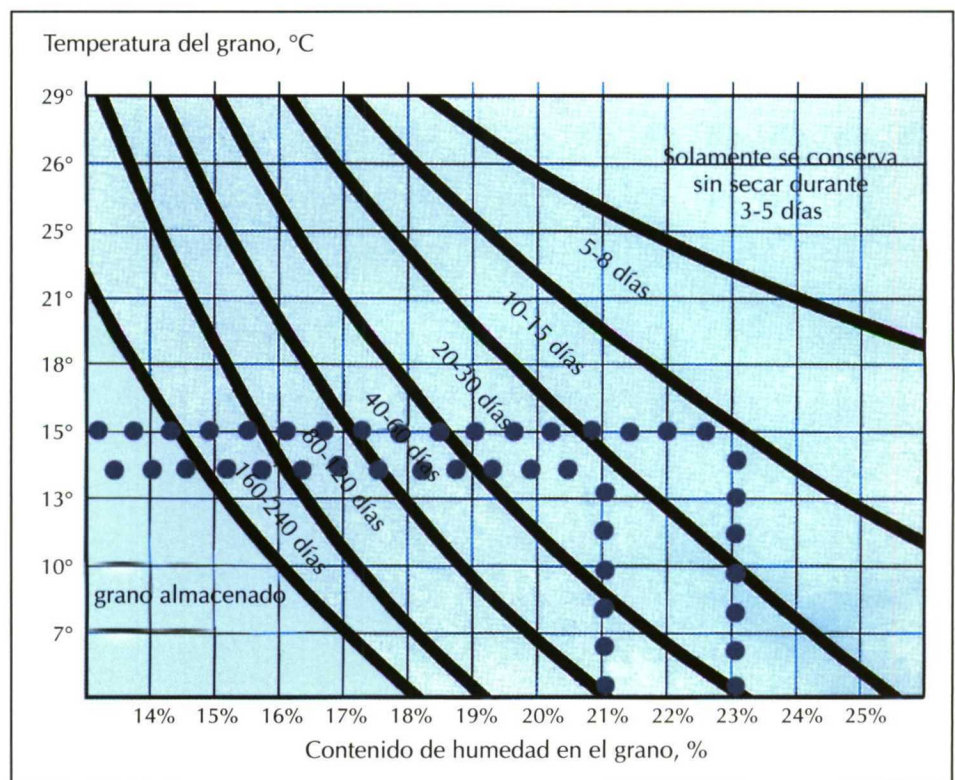
En ellos el grano permanece quieto en todo el proceso, aunque en los más perfeccionados se dispone de elementos que realizan su removido en el transcurso del secado.

El aire caliente entra por la parte inferior de la capa de grano y sale por la superior arrastrando progresivamente la humedad. Esto provoca diferencias de humedad entre la capa superior (más húmeda) y la inferior (más seca) incluso trabajando con espesores reducidos (30 a 50 cm).

El rendimiento térmico de los secaderos estáticos es bajo, del orden de 1 500 a 2 000 kcal/kg de agua evaporada.

Este tipo de secaderos se mejora con un sistema de recirculación del grano; esto implica un secado por lotes sucesivos. El grano permanece en

el secadero hasta que completa su secado, pero existe un dispositivo que lo obliga a circular de manera continua, extrayéndolo del fondo e introducién-



Efecto de la temperatura y de la humedad sobre la conservación de los granos.

SU UTILIZACIÓN



Juan José Ramírez
Ing. Agrónomo



dolo simultáneamente por la parte de arriba.

Dentro de los secaderos estáticos con recirculación del grano se ofrecen dos tipos:

- **Móviles con recirculación por tornillo sinfín.** Están formados por una tolva cilíndrica perforada en el centro de la cual se sitúa el tornillo sinfín que realiza la circulación del grano durante el secado. El tornillo sinfín está rodeado por una cámara perforada a través de la cual pasa el aire caliente. El consumo específico de energía es de 900 a 1 000 kcal/kg de agua evaporada y los tamaños de tolva en la que se realiza el secado se encuentran entre 10 y 20 t de gra-

no. El conjunto se monta sobre ruedas y puede ser arrastrado por un tractor.

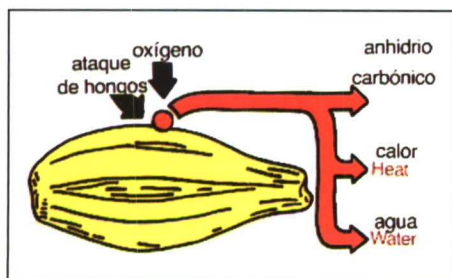
- **De columna con recirculación mediante elevadores de cangilones.** El grano desciende por una columna central, siendo atravesada la masa de grano por el aire caliente que procede de canales situados en la

ro de pasadas que tiene que dar el grano para secarse.

Secaderos continuos

En los secaderos continuos el secado se realiza con una sola pasada de grano. En función de la forma en la que avanza el grano se establecen los siguientes tipos:

“ **La duración del grano almacenado depende de su temperatura y del porcentaje de humedad** ”



Proceso en el grano almacenado.

propia masa. Mediante un transportador de cangilones se hace recorrer al grano el circuito tantas veces como sea necesario para su secado. Son fijos y presentan el inconveniente de que aumentan en un 2-3% los granos partidos, debido al núme-

- **Secadero continuo de cascada.** El grano circula por una superficie inclinada, ayudado por un transportador de travesaños, formada por láminas colocadas en persiana que dejan pasar el aire caliente. El espesor de la capa de grano es de 15

a 20 cm. Existen dos tipos de secaderos en cascada, los que realizan el secado con una sola pasada del grano y los de doble flujo que son muy apropiados para el secado del maíz.

- **Secaderos continuos de celda.** Utilizan silos cilíndricos iguales en los que se almacena el grano, tienen el fondo perforado por el cual se difunde el aire caliente. El aire atraviesa la masa de grano que se encuentra en la celda, que no debe superar la altura de 2 m precisándose un caudal de 300 m³/h y m³ de grano almacenado. Cada cierto tiempo —el necesario para el secado de la capa inferior— se acciona un tornillo sinfín de fondo que extrae de la celda una capa de grano de unos 30 cm, que está lo suficientemente seca, a la vez que actúa el sistema de llenado para compensar el volumen de grano extraído.

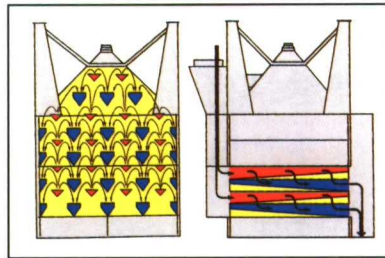
- **Secadores continuos verticales.** En ellos el grano desciende por gravedad desde una tolva que sirve como zona de precalentamiento del grano, a través de unas conducciones formadas por chapas dobladas y dispuestas en persiana, que dejan pasar el aire caliente que realiza el secado y que obligan al grano a presentar todas sus caras para conseguir mayor uniformidad. El conjunto se automatiza controlando la velocidad de avance del grano en las conducciones.

EMPLEO DE SECADEROS EN EL SECADO DEL MAÍZ

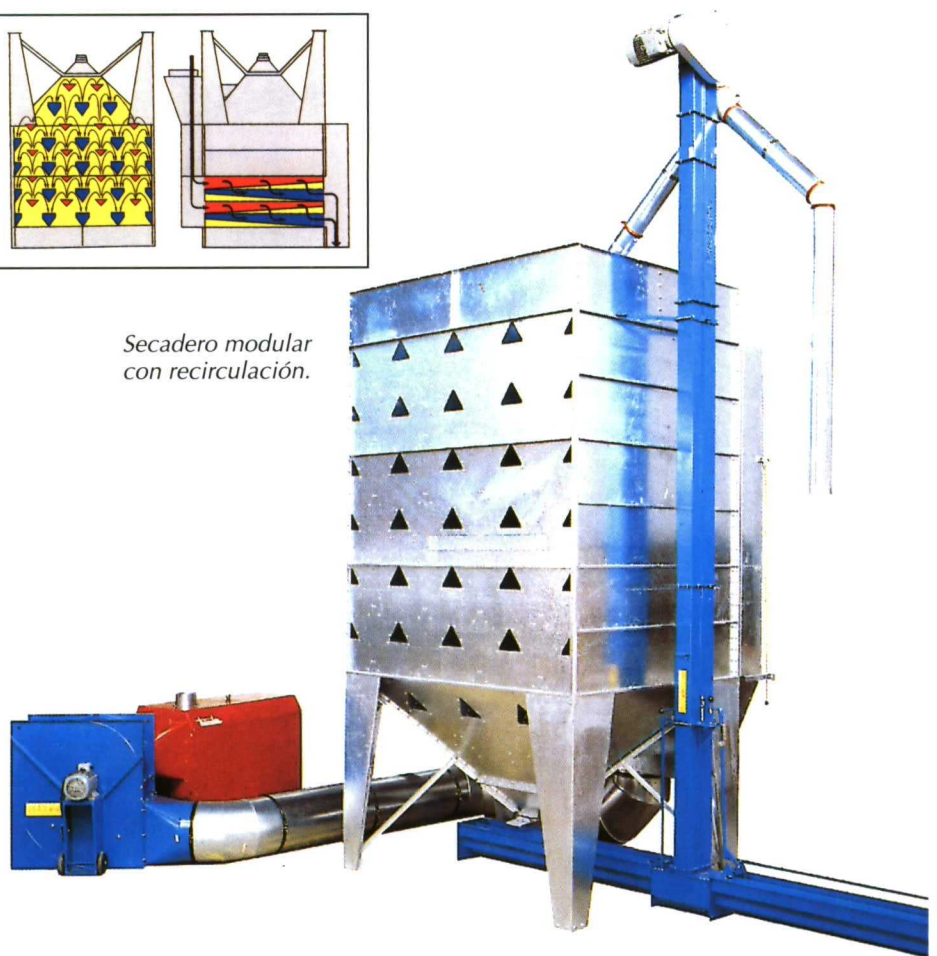
El grano de maíz, en las condiciones agroclimáticas españolas, sobre todo cuando se realiza la cosecha temprana, necesita un secado artificial. En muchas ocasiones el beneficio del cultivo está relacionado con la forma en la que se realiza el secado, utilizando para ello diferentes tipos de secaderos.

Procedimiento tradicional

La refrigeración y secado del grano se hace de una sola pasada. Esto



Secadero modular con recirculación.



conlleva un inconveniente: falta de flexibilidad para atender al secado de la cosecha a medida que ésta llega del campo, sobre todo cuando lo hace con un contenido alto de humedad.

Para poder hacer el secado en estas condiciones es necesario tomar algunas precauciones, como son:

- No cosechar más deprisa de lo que admite el secadero. Esta tarea es difícil de realizar, sobre todo cuando la maquinaria de recolección ha sido contratada para el trabajo.
- Sobredimensionar la instalación de secado. Esta medida requiere un sobre coste.
- Almacenar ciertas cantidades de maíz húmedo. Se pueden producir recalentamientos en la masa de maíz almacenado, con pérdidas de materia seca entre el 0.5 y el 4%, y disminución de la calidad alimentaria y comercial.
- Modificar el procedimiento de utilización del secadero. Esta solución es muy práctica. Se puede recurrir a dos procedimientos: el secado en dos pasadas, con almacenamiento ventilado intermedio, o bien con el enfriamiento lento diferido.

Secado en dos pasadas

En la primera pasada se consigue que el grano llegue al 22-25% de humedad, procediendo a su almacenamiento ventilado durante un periodo entre 10 y 15 días, para después someterlo a un nuevo secado hasta la humedad de conservación adecuada.

El hecho de pasar dos veces el grano por el secadero presenta problemas como: aumento de daños mecánicos, pérdida de materia seca por respiración y alteraciones durante el almacenamiento intermedio.

La capacidad de secado aumenta entre el 60 y 70%, pero es necesaria una instalación de ventilación de maíz semiseco, capaz de proporcionar un caudal específico de aire de 40 a 59 m³/h por m³ de grano almacenado.

Enfriamiento lento diferido o 'dryeration'

El sacado se produce en un conjunto de celdas con un sistema de ventilación especial. Se realiza en varias etapas:

- Se produce un secado acelerado hasta que el grano tiene un 18% de

humedad. Utilizando aire caliente por toda la columna de grano.

- Se transfiere el grano, que está a una temperatura entre 50 y 60°C, a una celda denominada *dryeration*, en la que se deja reposar durante unas 8 a 12 horas. Como es en la parte exterior del grano donde más agua se ha perdido, durante esta etapa, el agua interior pasa a la parte exterior del grano por capilaridad.
- Posteriormente se produce un enfriamiento lento del grano por aire. Con esta operación, a la vez que se refrigera el grano, se utiliza su calor como energía para la evaporación de la humedad que todavía resulta excesiva. Durante esta operación se evapora entre 1.5 y 2 puntos de agua.

Con este sistema (*dryeration*) se consigue aumentar la capacidad de secado entre un 20 y un 60%, según se incremente, o no, la potencia térmica, a la vez que se consigue una economía de combustible entre el 15 y el 40% según se considere la puesta en marcha inicial o el proceso continuo. También se obtiene una mejora de calidad de secado con una notable reducción de granos dañados.

Ventilación y secado a baja temperatura

El grano durante el almacenamiento sigue 'vivo' y como consecuencia de la respiración se produce un aumento de temperatura. Esta subida de temperatura aumenta la tasa de respiración y vuelve a desencadenar un incremento de temperatura.

Este proceso en espiral produce deterioro en los granos debido a la degradación del almidón y al gran incremento de hongos e insectos. Para evitar estos deterioros se recurre a la **ventilación refrigerante**.

Este procedimiento consiste en hacer circular el aire ambiente en la masa de grano, consiguiendo mantener baja la temperatura del grano, o incluso un ligero secado dependiendo del tiempo que dure la ventilación. Al final del proceso se consigue un equilibrio entre el contenido de humedad del grano y las características del aire utilizado en la ventilación.

Si el contenido de humedad del aire es alto (mayor del 75%), la tem-

peratura del grano se queda algunos grados por encima de la del aire ambiente. Si el aire tiene bajo contenido de humedad (menor del 75%), la temperatura del grano puede descender por debajo de la del aire utilizado en la ventilación.

Por lo tanto, las condiciones ideales para realizar este proceso serán las de ventilación nocturna, con aire frío—con mayor contenido de humedad—. La ventilación se puede detener cuando la temperatura de la capa superior de grano llegue a ser de 2 a 3°C superior a la del aire utilizado para ventilar.

La cantidad de aire necesaria para la refrigeración, alcanzando la temperatura de equilibrio, es de unos 800 a 1 500 m³ por cada m³ de grano almacenado. El secado del grano se consigue cuando el aire utilizado para ventilar sea de 50 000 a 80 000 m³ de grano, lo que significa una ventilación de 150 a 300 días para bajar de 2 a 3 puntos la humedad.

El proceso de enfriamiento se inicia por las capas inferiores y continúa hasta las superiores a través de la masa de grano. La ventilación con aire húmedo no produce el humedecimiento del grano, siempre que la temperatura del aire utilizado sea más baja la del grano que se ventila.

La evolución de la temperatura

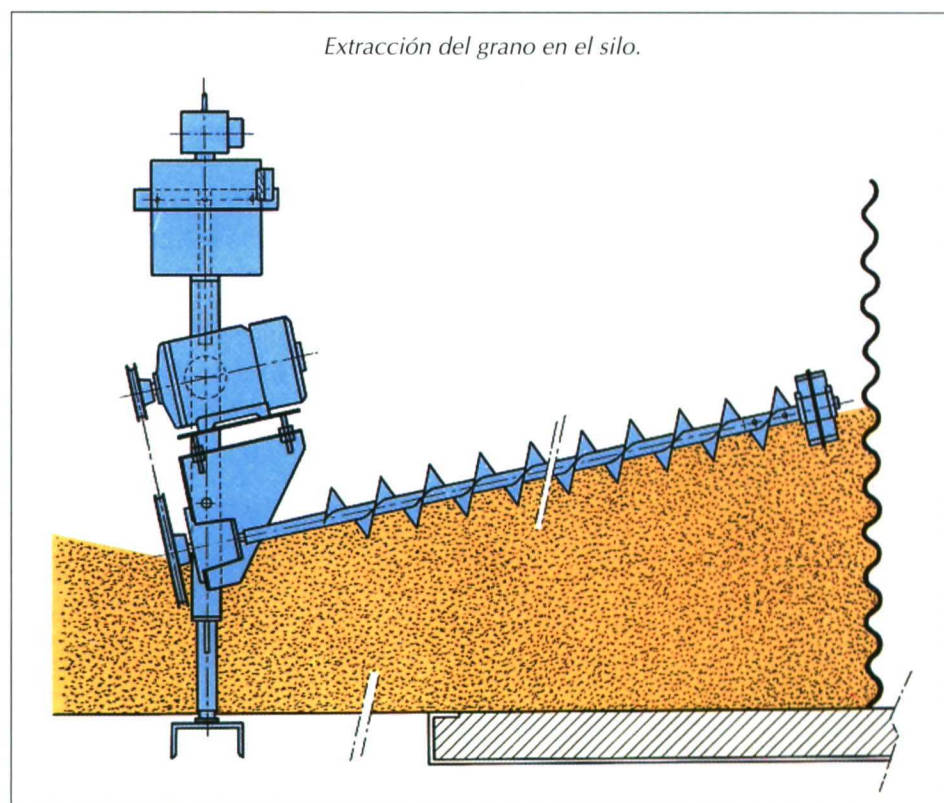
del grano depende de las condiciones iniciales en las que se almacene y también de las características ambientales y del almacén utilizado.

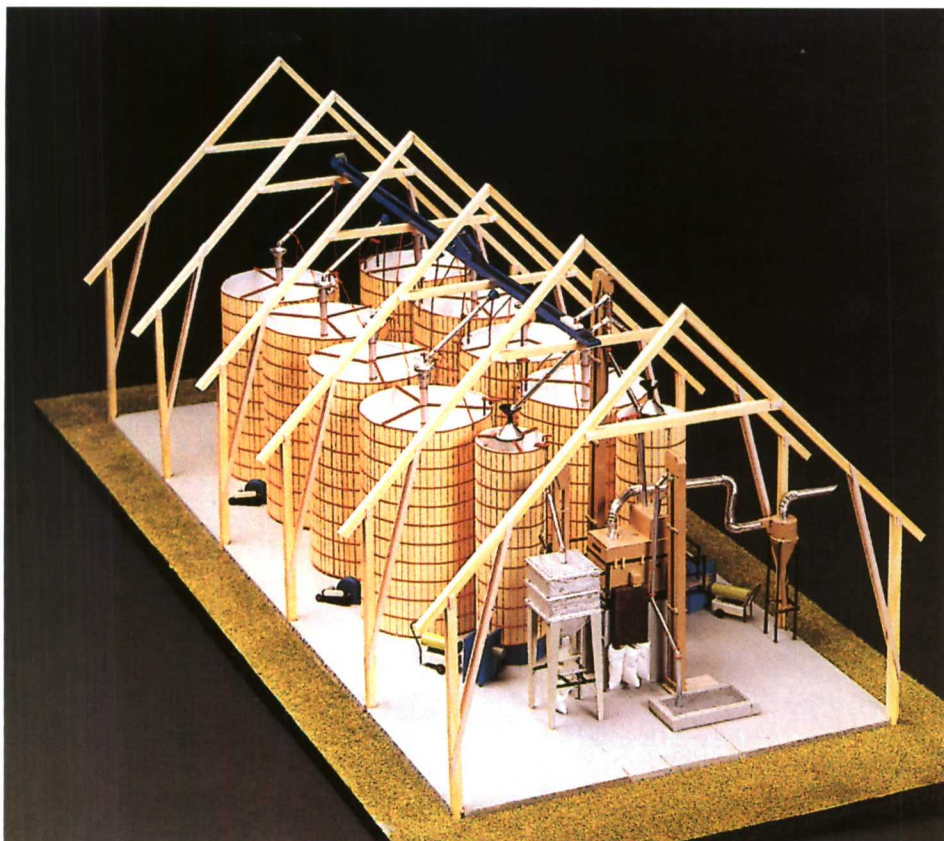
Hay que considerar que el grano, cuando se cosecha, puede encontrarse a temperaturas de hasta 25 a 35°C y tenemos que conseguir llevarlo a temperaturas de 12°C o incluso menos si la conservación tiene que hacerse durante un periodo largo. Para conservaciones hasta de un año la temperatura debe ser menor de 5°C.

Pero conseguir llegar a estas temperaturas no se puede hacer de golpe, hay que hacerlo progresivamente aprovechando el enfriamiento del aire en las diferentes estaciones del año y la menor temperatura ambiente de la noche.

En la primera etapa—después de la recolección— se puede refrigerar hasta alcanzar los 15-20°C. Posteriormente, en otoño se llegarían a 10-15°C y en invierno a 4-10°C. Lo ideal es ventilar cuando la diferencia de temperaturas entre el grano y el aire es de unos 5 a 7°C. No considerar esta norma provocará que aparezcan condensaciones de agua en las zonas húmedas, que favorecen el desarrollo de hongos.

Todo esto conlleva a la instalación de dispositivos para la medida de temperaturas tanto en la masa de grano como en el aire ambiente.





Secaderos de descarga automática con flujo de aire radial.

Otros sistemas de ventilación

A veces el contenido de humedad de los granos es elevado, con lo que las condiciones de caudal y temperatura del aire cambian mucho.

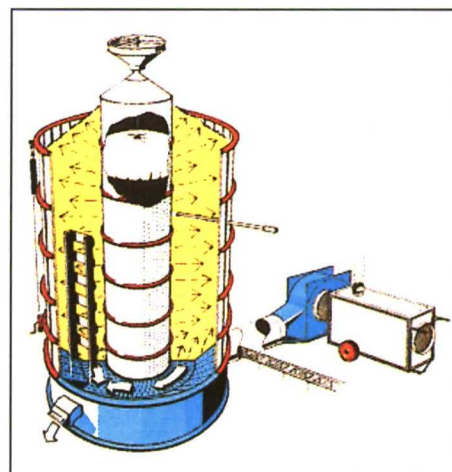
Para la conservación de granos húmedos, con más del 17%, como se encuentra a veces el maíz, se tiene que ventilar con un caudal de aire de 50m³/h por m³ de grano almacenado utilizando una instalación apropiada que permita la difusión del volumen de aire en toda la masa del grano.

En el proceso de secado del maíz con enfriamiento lento diferido (*dryeration*), cuando el grano se encuentra

a temperatura entre 50 y 60°C y con el 18-19% de humedad se necesita la ventilación del grano. Para ello es necesario un volumen de aire de 50 m³ por m³ de grano almacenado, lo que significa de 3 a 5 veces más del necesario para la ventilación refrigerante.

En la **ventilación secante continua**, aplicada a partidas de grano pequeñas, con contenido de humedad por debajo del 20%, se puede conseguir bajar la humedad del grano hasta límites normales, con unos volúmenes de aire de 100 a 150 m³/h por m³ de grano almacenado –5 a 10 veces más que en la ventilación refrigerante–, aplicados de manera continua sobre el grano.

Además, este aire debe calentarse de 4 a 5°C sobre la temperatura ambiente en las noches o días húmedos. El proceso de secado es desigual ya que sobre un silo de 3 m de altura de grano, ventilado por el fondo, aparecen diferencias, cuando se alcanza el 15% de humedad media, entre la base (12 a 13% de humedad) y la parte superior (17% de humedad), por lo que es conveniente realizar un buen mezclado del grano una vez finalizado el proceso.



Esquema del proceso de secado.

A MODO DE CONCLUSIÓN

Hay diferentes alternativas que hacen posible bajar el contenido de humedad del grano cosechado de manera que se garantice su conservación.

El coste de cada una de estas alternativas, muy relacionadas con el volumen de grano que hay que manejar, orienta sobre el sistema que debe de aplicarse en cada circunstancia.

Pero el secado no es suficiente. Como se publicó en *agrotécnica* (junio 1999), las condiciones de almacenamiento influyen en la conservación, aunque el mejor punto de partida es contar con un grano suficientemente seco. ♠

BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

- Fernández de Gorostiza, M.; Esteban, J.; Del Monte, J.P.; De Liñán, C; Márquez, L. **Vademecum del maíz**. Ediciones Agrotécnicas. Madrid, 1990.
- Gasparetto, E. **Instalaciones para el secado de productos agrarios**. *II Jornadas de deshidratación y secado de productos agrícolas y forestales*. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos. Madrid, 1988.
- Gasset Lázaro, Jaime. **Técnica de enfriamiento diferido en el secado de granos**. *II Jornadas de deshidratación y secado de productos agrícolas y forestales*. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos. Madrid, 1988.
- Godia Sales, Emilio. **La desecación de granos y forrajes en la explotación agrícola**. *II Jornadas de deshidratación y secado de productos agrícolas y forestales*. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos. Madrid, 1988.