

EL ALMACENAMIENTO Y LA CONSERVACIÓN DE LOS GRANOS

Parte 1.- Principios básicos

Análisis de los sistemas de embolsado y los equipos que lo hacen posible. Previamente se revisan los conceptos básicos sobre el almacenamiento, el secado y la conservación de los granos.



LUIS MÁRQUEZ,
PTE. AENOR/CTN 68. (ESPAÑA)
ÓSCAR POZZOLO,
DIRECTOR INTA-INGENIERÍA RURAL
(ARGENTINA)

El almacenamiento de los granos en la propia explotación agrícola puede ser interesante desde el punto de vista económico, tanto para el productor como para el ganadero que lo tiene que utilizar en la alimentación de sus animales. La instalación debe ser la adecuada para las condiciones

de producción, evitando el deterioro del grano almacenado.

La amortización de las instalaciones que permiten la conservación, junto con las de secado para alcanzar el grado de humedad que hace posible mantener la calidad, solo será posible si los tiempos de utilización son largos. En cualquier caso habrá que realizar el adecuado estudio económico para evaluar la rentabilidad de la inversión, considerando no solo la propia instalación y sus costes de funcionamiento, sino también el capital inmovilizado en forma de grano.

Para el almacenamiento de granos fundamentalmente se han utilizado instalaciones fijas (silos) asociados a unidades de secado para bajar el contenido de humedad del grano hasta unos límites que garanticen su conservación. En algunos casos, se utilizan sistemas de ventilación durante el almacenamiento, que mantienen en buen estado el grano relativamente húmedo provocando un secado progresivo.

Desde hace unos años se está utilizando una solución alternativa al silo metálico tra-

dicional; el denominado silo-bolsa, que puede conservar el grano fuera del contacto del aire durante largos periodos de tiempo cuando su humedad es baja. También se puede utilizar para almacenar grano algo más húmedo durante cortos periodos de tiempo.

Esto permite dar salida progresivamente al grano a medida que lo demanda el mercado, y también un suministro uniforme a los secaderos en los que se completa la bajada de humedad, que no se sobrecargan de trabajo en los periodos de cosecha.

Esta técnica, ampliamente utilizada cuando las condiciones cambiantes de los mercados hacen difícil la amortización de las instalaciones fijas, se está utilizando ampliamente en países como Argentina, país en el que se embolsan 35 Mt/año de granos de maíz, soja, girasol y arroz, y es una solución técnica aplicable en otras regiones.

Así, se ha desarrollado maquinaria específica para el llenado y el vaciado de los silos bolsa, optimizado la tecnología para mantener el grano embolsado en buenas condiciones, hasta su salida hacia el secadero o su comercialización.

Los principios de la conservación de los granos

Para analizar, desde el punto de vista técnico, un proceso de conservación hay que empezar conociendo las características del producto que se debe conservar, especialmente las relacionadas con su evolución en el tiempo.

Las propiedades físico-químicas explican el comportamiento del grano en condiciones de almacenamiento, especialmente su conductividad térmica y su higroscopicidad.

El grano es mal conductor del calor, o lo que es lo mismo,

FIGURA 1.- DIAGRAMA DE CONSERVACIÓN DE LOS CEREALES

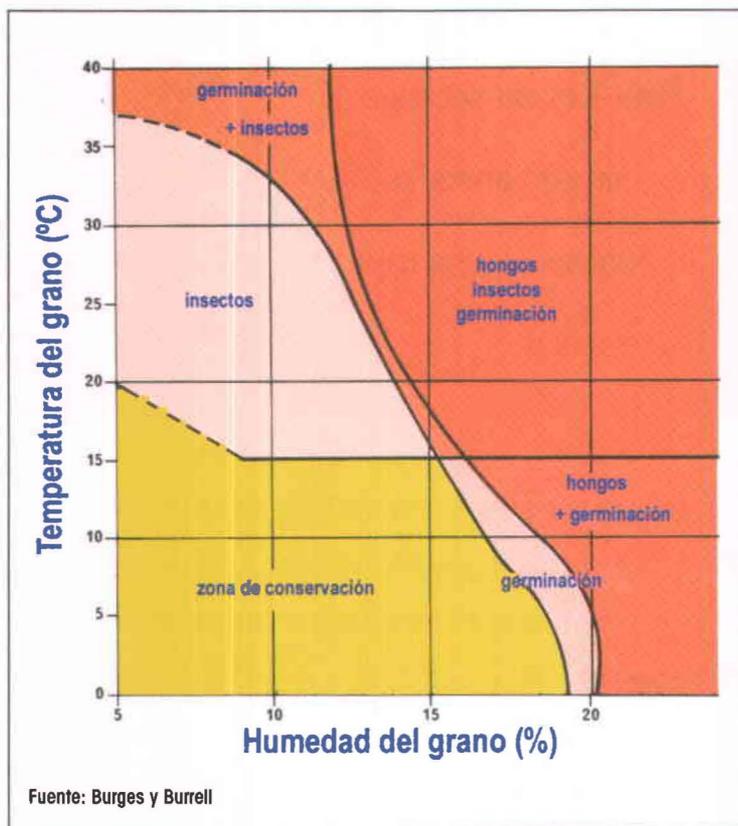
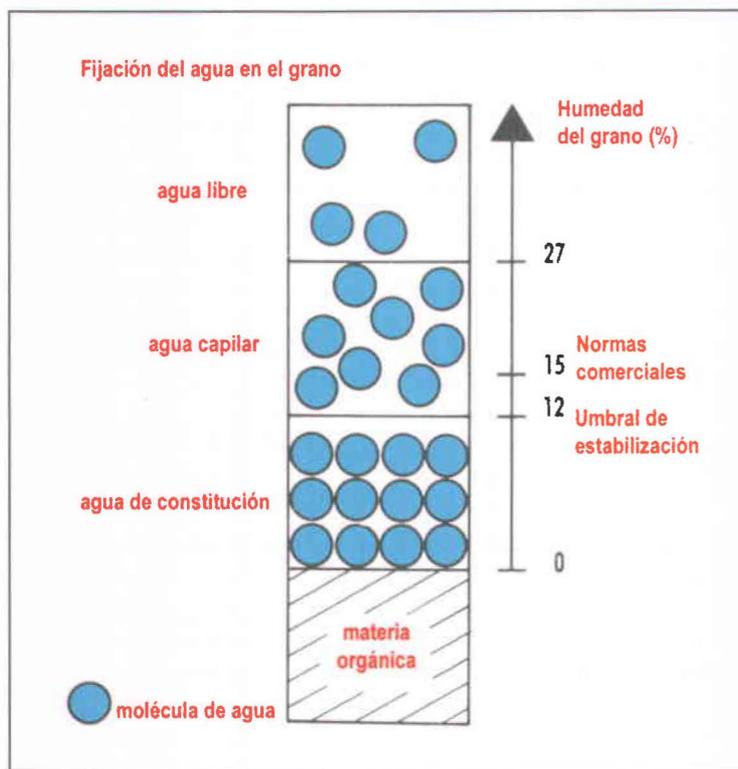
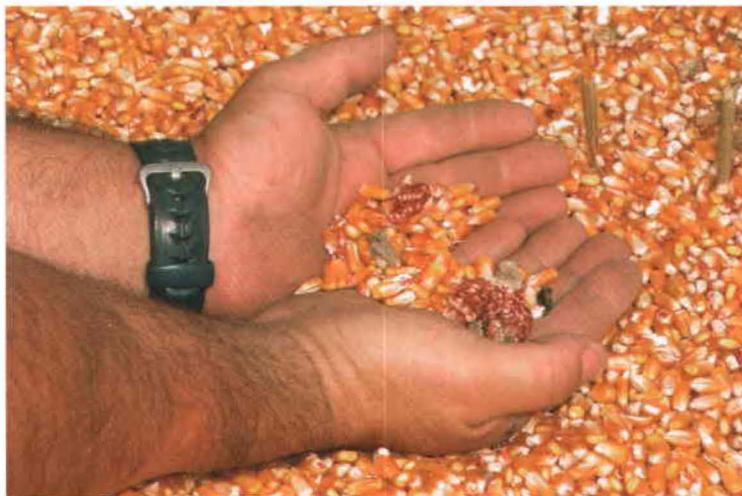


FIGURA 2.- ESQUEMA DE LA FIJACIÓN DEL AGUA EN EL GRANO DE MAÍZ





El grano es un material higroscópico, o sea que ajusta su humedad a la de la atmósfera que lo rodea en función de la temperatura

un buen aislante. Esto ocasiona problemas durante el secado, ya que se necesita mayor aporte de calor para evaporar el agua interior, al igual que en la refrigeración por ventilación, para la que se necesitan grandes volúmenes de aire. Por el contrario, el grano enfriado en invierno se calienta con dificultad cuando aumentan las temperaturas, ya que el intercambio de calor es bajo, lo cual constituye una ventaja para su conservación.

El grano es un material higroscópico, o sea que ajusta su humedad a la de la atmósfera que lo rodea en función de la temperatura. Esto es la consecuencia de que una parte del agua en la materia se encuentra ocupando poros capilares.

Para cada condición de temperatura y humedad atmosférica se produce un equilibrio que se representa gráficamente en lo que se conocen como curvas de sorción, o de equilibrio de humedad aire-grano. El conocimiento de estas curvas de equilibrio es imprescindible para el cálculo

de las instalaciones de secado y ventilación, y permite explicar fenómenos como el desarrollo de hongos y las reacciones enzimáticas y de oxidación.

Si la masa de grano se mantiene aislada, el aire que ocupa los espacios entre granos modifica su humedad relativa hasta establecerse el equilibrio con la humedad del grano. La mayor masa del grano impone la humedad a la escasa cantidad de aire que se encuentra entre los granos.

Por el contrario si se ventila el grano, al ser atravesado por una corriente de aire a temperatura y humedad relativamente cons-

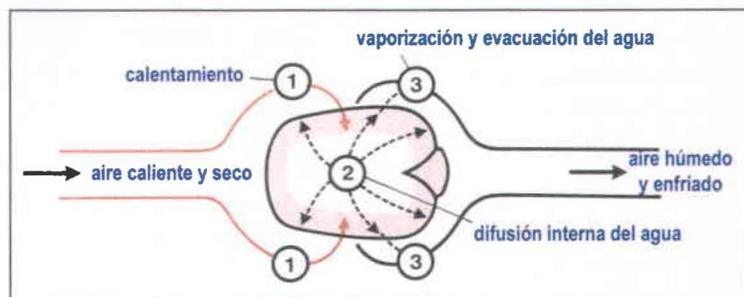
tante, el grano se seca, o se humedece, para ajustarse a las condiciones de equilibrio que el aire le impone. Esto puede utilizarse dando lugar a lo que se conoce como secado a baja temperatura, que se produce con solo ventilar las celdas de grano con aire no caliente pero relativamente seco. A la inversa, ventilando con una corriente de aire caliente y húmedo se puede rehumedecer el grano almacenado.

Esta actividad de grano almacenado está condicionada por su temperatura y su humedad. En condiciones de poca humedad y baja temperatura el grano ralentiza su actividad vital. A medida que aumenta la temperatura y el contenido de humedad, la actividad vital aumenta por la acción de las enzimas y de la microflora que impregna las semillas, que aprovechan como alimento las sustancias de reserva que contiene el grano, lo que se pone de manifiesto con la respiración y la germinación del grano.

La respiración u oxidación de los granos es una característica común, incluso de los que no tienen su capacidad germinativa intacta. La intensidad de la misma depende de la temperatura y de la humedad del grano y del oxígeno presente en el lugar de almacenamiento. Cuando la humedad es baja y la temperatura reducida la respiración se considera nula.

La presencia de oxígeno transforma el almidón dando lu-

FIGURA 3.- PROCESO DE SECADO DEL GRANO HÚMEDO



gar a agua, gas carbónico y calor (677 kcal por molécula de almidón), lo que ocasiona, con atmósfera poco renovada, incrementos de la temperatura que reducen el contenido de materia seca.

En ausencia de oxígeno la respiración se sustituye por una fermentación en la que aparece, además del anhídrido carbónico, alcohol y calor en menor cantidad (22 kilocalorías por molécula de almidón), con menores pérdidas de materia seca en el grano. En presencia de oxígeno, cuando las condiciones de humedad y temperatura son óptimas, puede producirse la germinación del grano, aunque no signifique la aparición de plántulas. Esto, desde los primeros estados, constituye una alteración grave, ya que ocasiona la degradación del almidón, la pérdida de materia seca, etc., muy perjudiciales para el aprovechamiento del grano.

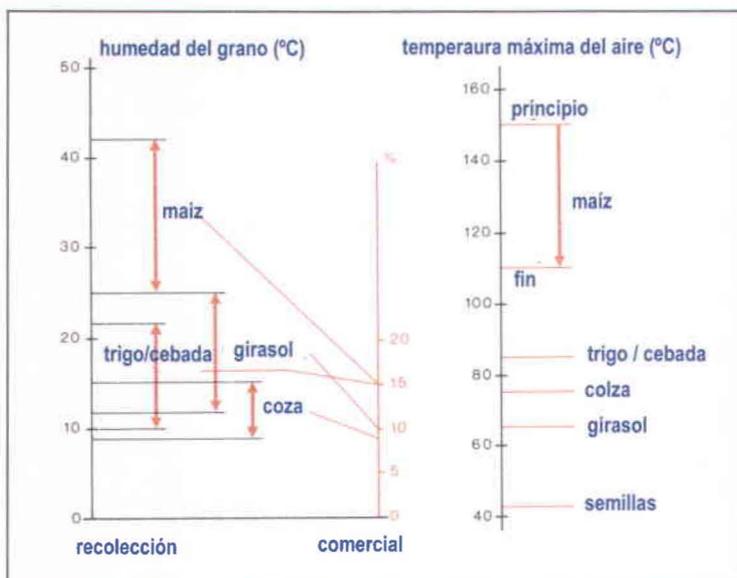
Tradicionalmente para la conservación se ha recomendado unas prácticas que se pueden resumir así:

- Con grano excesivamente húmedo se recomienda el secado rápido con aire caliente o ventilación con aire ligeramente recalentado.
- Con grano caliente se recomienda la ventilación con aire ambiente o trasiego que provoque refrigeración y aireación ligera.
- Si se produce el desarrollo de hongos se puede limitar reduciendo la humedad y la temperatura.
- Si aparecen insectos, estos se controlan mediante ventilación con aire ambiente y también la utilización de insecticidas apropiados.

El secado de los granos

El secado del grano es imprescindible hasta alcanzar unos límites que permiten su conservación. En cultivos co-

FIGURA 4.- LIMITACIONES PARA EL SECADO DE LOS GRANOS



En cultivos como el maíz, hay que evaporar entre un tercio y un cuarto de la masa del grano antes de su almacenamiento

mo el maíz, hay que evaporar entre un tercio y un cuarto de la masa del grano antes de su almacenamiento.

Para la eliminación del exceso de humedad se utiliza lo que se conoce como secadero, en el que el grano se somete a la acción de una corriente de aire caliente, de manera que aumenta su temperatura hasta la de vaporización del agua.

Primero se evapora el agua libre, lo cual precisa relativamente poca energía; en el maíz se encuentra agua libre cuando se supera el 27% de humedad. Luego evapora el agua situada en los capilares, lo que es más difícil, hasta que se alcanza un límite que se conoce como umbral de estabilización (13% de humedad del grano). A partir de aquí el agua se encuentra unida químicamente a los componentes de los granos y se precisa

una gran energía para su evaporación. Este proceso requiere calor (temperatura) y tiempo para que salga el agua capilar.

El peso de agua que se necesita evaporar en 100 kg de grano húmedo puede calcularse utilizando la expresión matemática:

$$a_i = (H_i - H_f) \times 100 / (100 - H_f)$$

siendo:

H_i = humedad inicial del grano

H_f = humedad final del grano

Así, el peso de agua evaporada en 100 kg de grano seco será:

$$a_f = (100 - H_f) \times 100 / (100 - H_f)$$

Y el peso final (P_f) del grano después del secado será:

$$P_f = P_i \times (100 - H_f) / (100 - H_i)$$

siendo: P_i = peso inicial del grano antes de secar

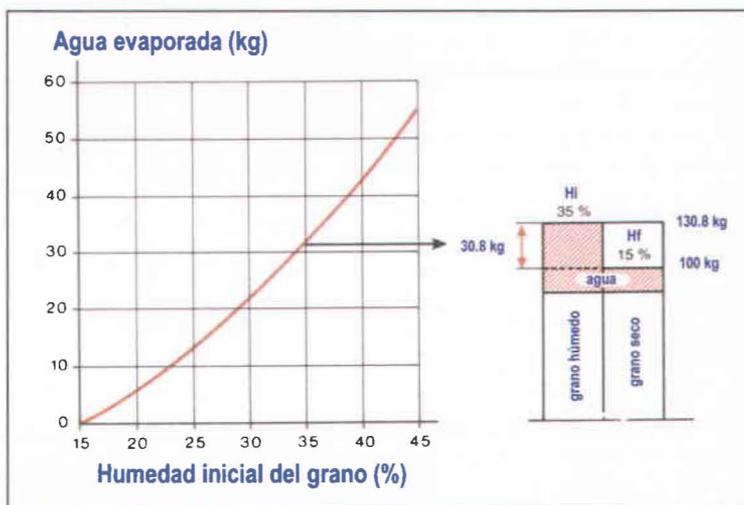
Los parámetros que caracterizan a un secadero son su capacidad, o potencia de evaporación, y el consumo térmico específico, o cantidad de calor para evaporar 1 kg de agua.

La potencia o capacidad de evaporación del secadero se expresa en kg de agua evaporada por hora, pero deberá referirse a condiciones muy particulares: tipo de grano, humedad inicial y final de éste, caudal y temperatura del aire caliente y temperatura ambiente.

A partir de la potencia de evaporación, y conociendo la humedad de entrada del grano y la de salida que se desea, se puede calcular el caudal de grano húmedo que deberá llegar al secadero y el grano seco que sale de éste.

Así, sobre la base de una potencia de evaporación de 1 t de agua por hora, secando maíz entre 35 y 15% de humedad, la cantidad de agua que se de-

FIGURA 5.- CANTIDAD DE AGUA EVAPORADA POR 100 KG DE GRANO SECO



be evaporar (Figura 5) será, por cada kg de maíz seco, de $(35 - 15) / (100 - 35) = 0.308$ kg de agua, lo que significa un caudal de $1000 / 0.308 = 3247$ kg/h de grano seco.

Sabiendo que para obtener 100 kg de grano seco se precisan introducir 130.8 kg de grano con el 35% de humedad, a los 3247 kg/h de grano seco le

corresponden $3247 \times 1.308 = 4247$ kg/h de grano húmedo.

La potencia de evaporación se expresa a menudo como puntos de humedad por hora, calculada como el producto del caudal de grano húmedo secado por el descenso de humedad conseguido. Así, para el ejemplo anterior, con potencia de evaporación de 1 t de agua pura por hora y 42.5 hkg (quintaes métricos) de grano húmedo sería:

$$42.5 \times (35 - 15) = 850 \text{ puntos/hora}$$

Dividiendo la potencia de evaporación expresada en kg de agua/hora por la potencia de evaporación expresada en puntos/hora se obtiene los kg de agua evaporada por punto. La presentación de la potencia de evaporación por puntos puede resultar engañosa, ya que no se necesita la misma energía para bajar la humedad entre 35 y 20% que entre 30 y 15%.

Además de la potencia de evaporación, tiene interés la potencia térmica, que expresa la cantidad de calor que proporciona el secadero en la unidad de tiempo. Normalmente se expresa en kilocalorías/h (kcal/h).■

