

Calidad en el Secado de Granos

Juan C. Rodríguez
 Ing.Agr., M.Sc., Ph.D.
 EEA Balcarce
 INTA

El secado artificial produce la principal transformación del grano en la poscosecha y a su vez es el procedimiento que más atención requiere para no afectar la calidad del mismo.

De la energía utilizada en el proceso de producción de granos, el secado insume alrededor del 50%.

Tomando en cuenta estos dos factores, es decir calidad y consumo energético, se puede apreciar la importancia que adquiere la realización correcta del mismo.

Los objetivos principales del secado son reducir la humedad de cosecha de los granos y semillas a niveles seguros para el almacenamiento y óptimos para su comercialización.

Cuando hablamos de secado, generalmente nos referimos a la temperatura del aire de secado y rara vez nos referimos a la temperatura que adquiere el grano en el proceso de secado.

La tabla N° 1 muestra las temperaturas máximas que el grano podría alcanzar, sin perder calidad, de acuerdo a su uso final. En la misma tabla, si tomamos por ejemplo al grano de maíz y su uso final (molienda seca o semilla), podemos apreciar que la temperatura máxima a la que podemos llevarlo se encuentra entre 38 y 43 °C (dependiendo del híbrido, madurez, historia del cultivo). Si en cambio el uso final es la molienda húmeda, la temperatura máxima es entre 55 y 60°C y si su uso final fuera para consumo animal, la temperatura del grano podría ser entre 71 y 82°C. Estas temperaturas de grano no deben sobrepasarse si se quiere mantener la calidad del mismo.

Tabla N° 1: Temperaturas máximas de secado según diferentes fines.

MAIZ	Molienda Seca y Semilla	38-43°C
	Molienda húmeda	55-60°C
	Consumo animal	71-82°C
TRIGO	Semilla (> 24%)	44°C
	Semilla (< 24%)	49°C
	Molienda de harina	49-66°C
SOJA	Semilla	38°C
	Aceite	48°C
GIRASOL	Confitería	60-75°C
	Aceite	75-80°C
ARROZ	Molienda (>20%)	40°C
	Molienda (<20%)	44°C
OTROS GRANOS	Semilla	43°C
	Molienda y Maltería	49°C
OTRAS LEGUMBRES	Comestibles	38°C

Como se verá más adelante, según el diseño de la secadora, la temperatura del grano puede o no ser igual a la temperatura del aire de secado.

Si hacemos una clasificación de los sistemas de secado en base a la temperatura del grano tenemos:

1-Secado a Baja Temperatura. Se realiza con aire natural o a muy baja temperatura (5 a 8°C por encima del aire ambiente). Generalmente son silos secadores con aire natural o con un quemador de bajas calorías.

2- Secado a Temperatura Media. Temperatura del grano por debajo de 43°C para semillas o granos usados para molienda seca y debajo de 60°C para todos los otros granos (incluso maíz grado 2, waxy, alto contenido de aceite). Secado en silo o secadoras de alta capacidad.

3- Secado a Alta Temperatura. Temperatura del grano por encima de los 60°C . Secado en silo o en secadoras de alta capacidad.

4- Secado Combinado. En este caso se realiza un secado todo calor a una temperatura media y luego se utiliza el sistema “Seca-Aireación” o se realiza un post-enfriado.

¿Como los sistemas de secado de alta temperatura y alta capacidad afectan la calidad de los granos secados artificialmente y como se pueden mejorar dichos sistemas?

Secadoras de Flujo Cruzado

El las secadoras de flujo cruzado el grano fluye en forma perpendicular a como fluye el aire de secado. Son la secadoras más primitivas que se conocen y aún se siguen comercializando en varios países del mundo, especialmente en USA. El principal problema de este tipo de secadoras es el gradiente de humedad que se produce en la columna de secado. La tabla N° 2 muestra que pasa con la temperatura y la humedad del grano cuando secamos maíz desde 25% de humedad inicial y lo queremos llevar a una humedad de 19% y se utiliza una temperatura del aire de secado de 110°C.

Tabla N° 2: Humedad, temperatura y susceptibilidad a la rotura (Secando Maíz de 25% a 19% a 110°C)

Distancia desde la Entrada del Grano cm	Temperatura °C	Contenido de Humedad %	Susceptibilidad a la Rotura %
1.3	101	10	48
7.6	78	20	11
14	51	24	10

Vemos que a 1,3 cm de distancia desde la entrada del aire caliente, la temperatura del grano es de 101°C, con un contenido de humedad de 10% y 48% de susceptibilidad a la rotura; a 7,6 cm tiene 78°C, 20% de humedad y 11% de susceptibilidad a la rotura y a 14 cm, el grano tiene 51°C, 24 % de humedad y sólo 10% de susceptibilidad a la rotura. Se puede apreciar en este ejemplo que existe un gradiente muy pronunciado en la humedad y temperatura del grano a pesar que la humedad final tenga cuando la medimos 19%. Según la tabla N° 1, vemos que gran parte del grano secado de esta manera no serviría ni siquiera para consumo animal. También podemos apreciar que parte de este grano secado tendrá un porcentaje muy elevado de susceptibilidad a la rotura y por lo tanto producirá gran cantidad de granos quebrados con la consiguiente pérdida de calidad.

Una manera de mejorar este tipo de secadoras es a través de una inversión en el sentido del flujo de aire a mitad de la zona de secado. Esta mejora se encuentra en la mayoría de las secadoras de columna o de flujo cruzado de nuestro país. La tabla N° 3 muestra el efecto de la inversión del aire de secado.

Tabla N°3: Efecto de la Inversión del Aire de Secado

	Temperatura del aire (°C)	Gradiente de humedad (%)	Energía Específica (MJ/kg)
Sin Cambio	68	5	6,9
Con inversión	65	1,3	4,9

Se pasa de un gradiente de humedad al final del secado de 5% en una secadora sin cambio del sentido del aire a 1,3% en aquella que se invierte el mismo y además se mejora la energía específica utilizada. El gradiente se mejora en un 74% y la energía en un 30%.

Otra forma de mejorar a este tipo de secadoras, son los inversores de flujo de grano que se colocan en la mitad de la zona de secado. Es una práctica muy común en las secadoras de USA y no lo es en nuestro país.

Una mejora realizada en USA en este tipo de secadoras proviene de las secadoras de flujo cruzado con velocidad diferencial del grano dentro de la columna de secado. Este tipo de secadoras además cuenta con

una zona o sección de homogeneizado (en la misma no fluye aire y el grano homogeneiza su temperatura y humedad).

Considero que todas las secadoras deberían tener una zona de estas características, ya que no sólo se mejora la calidad final de secado, sino que también aumenta la eficiencia del mismo, es decir se consume menos energía.

Secadoras de Flujo Concurrente

Otro tipo de secadora que mejora notablemente la calidad de secado, son las denominadas de flujo concurrente. En estas secadoras el grano fluye en la misma dirección que el aire. Tienen la ventaja que todos los granos reciben el mismo tratamiento. No existen gradientes ni de humedad ni de temperatura. Son muy eficientes y no provocan incremento en la susceptibilidad a la rotura del grano después de secado. El problema que tienen es que como utilizan elevadas temperaturas del aire de secado, requieren de una supervisión muy elevada y especializada para evitar posibles incendios. La mayoría de este tipo de secadoras tiene más de dos etapas de secado, lo que le permite utilizar temperaturas diferentes en cada zona. El uso de temperaturas diferenciales es una buena práctica para realizar un buen secado. La temperatura del aire de secado de este tipo de secadoras en la primera zona de secado puede ser de alrededor de 300 °C, temperatura muy elevada, sin afectar la calidad del grano. Es decir que el grano no supera la temperatura máxima que se menciona en la tabla N° 1.

Secadoras de flujo mixto o de caballetes

En este tipo de secadoras el aire fluye en tres formas distintas dentro de la masa de granos, la acompaña, la atraviesa y va en contra, de ahí su denominación de flujo mixto. Es la secadora más común en el continente europeo y es bastante común en nuestro país. Este tipo de secadoras permite usar temperaturas del aire de secado superiores a las que se mencionaron como máximas del grano en la tabla N° 1, pero no tan altas como las de flujo concurrente, sin dañar la calidad del grano.

Existe una secadora en nuestro país denominada de flujo mixto con columnas. Tiene las cualidades de una de caballetes y a su vez las ventajas de las de columna. Generalmente utilizan menor energía para mover el aire a través de los granos y por lo tanto son más eficientes.

Enfriado Diferido

Otra manera de mejorar la calidad de secado es el enfriado lento o diferido. Para realizarlo es necesario que la secadora que estemos utilizando sea modificada a todo calor. Este tipo de enfriado se realiza generalmente en un silo y puede ser inmediatamente después que el grano caliente es colocado en el silo o luego que el grano ha homogeneizado su temperatura y humedad (seca-aireación).

Variabilidad en el contenido inicial de humedad

El contenido de humedad grano por grano de cualquier cultivo una vez maduro tiene una gran variabilidad. Un ensayo realizado en USA en 1994 con distintos tipos de secadoras muestra que el contenido de humedad de los granos a la entrada de cualquiera de las secadoras ensayadas tenía una gran variabilidad y que independientemente del diseño de la secadora empleada, esta variabilidad no mejoraba.

El uso de la aireación permitió reducir este gradiente a valores más deseables después de un mes de almacenamiento (de una diferencia de 21.5% a 7.5%).

Efecto del híbrido en la capacidad de secado

Distintos híbridos de maíz tienen distinta velocidad de secado. Esto es muy importante, porque si uno regula una secadora sin tener en cuenta el material que está secando, puede sobre-secar o sub-secar. Si sobre-secamos, no sólo aumentamos la susceptibilidad a la rotura, sino que además utilizamos más energía y una mayor pérdida de peso. Si por el contrario, el grano se guarda húmedo, correremos el riesgo de que se caliente, se deteriore y sea más susceptible al ataque de hongos e insectos.

También existen diferencias en la velocidad de secado para distintas variedades de soja. Trabajos realizados por Giner (1995) muestran que existe hasta un 55% de diferencia en el tiempo de secado para distintas variedades.

Velocidad de secado

Cada grano tiene una velocidad de extracción de agua por hora para no sufrir deterioro. Si nosotros sobrepasamos ese valor cuando lo secamos artificialmente, no podremos mantener su calidad. La tabla N° 4 muestra los valores de extracción de agua máxima por hora (en porcentaje) para los distintos granos.

Tabla N° 4: Velocidad de secado

GRANO	% DE EXTRACION
Maíz – Sorgo - Girasol	Menos de 5% / hora
Trigo	Menos de 4% / hora
Soja	Menos de 3% / hora
Arroz	Menos de 2% / hora

La tabla N° 5 muestra la susceptibilidad a la rotura en granos de maíz de acuerdo a la temperatura del aire usada, la humedad inicial y la humedad final de los mismos.

Tabla N° 5: Efecto del contenido de humedad sobre la susceptibilidad a la rotura después de ser secado a 110°C y humedad inicial de 25%

Humedad Final Promedio %	Susceptibilidad a la Rotura (%)
18	11
15	18
13	27
11	39

Calidad de los granos

“Calidad de granos es un término nebuloso, porque su significado depende del tipo de grano y del uso final del mismo” (Broker et al, 1992).

Existen muchas propiedades de los granos que no se encuentran en los estándares de comercialización y sin embargo son muy importantes para determinados usos y en algunos casos para su conservación.

Algunas de ellas son: **susceptibilidad a la rotura, calidad molinera, viabilidad de la semilla, valor nutritivo, composición, hongos y nivel de micotoxinas, infestación de insectos.**

La calidad de los granos no sólo es afectada por la secadora sino también por factores ambientales durante el llenado de los mismos, por el momento y sistema de cosecha, por los tratamientos de poscosecha, por las prácticas de almacenamiento y por como movemos esos granos de un lugar a otro.

La susceptibilidad a la rotura de los granos puede ser afectada por el método de secado que utilicemos. En general podemos decir que en el caso de maíz secado desde una determinada humedad a la misma humedad final, si secamos a baja temperatura la susceptibilidad a la rotura no superaría el 5%, si usáramos temperatura media y enfriamiento lento estaría entre el 10% y 35% y cuando se utiliza alta temperatura de secado, la misma podría ser de 50% a 100%.

También el secado artificial puede producir cuarteado en los granos. La causa son las tensiones generadas por gradientes de temperatura y humedad en el interior del grano. Todo grano cuarteado es más susceptible a la rotura que un grano entero, por lo tanto es muy importante tratar de utilizar sistemas de secado que minimicen el porcentaje de granos fisurados.

El efecto de la temperatura de secado sobre la calidad panadera del trigo secado artificialmente es muy importante. En 1998 se realizó un muestreo en las plantas de acopio del partido de Balcarce que secaban trigo. Se detectó que el 70% del trigo secado tenía afectada su calidad panadera (se seca alrededor del 30%) y que de ese porcentaje, el 30% había sido afectado en forma severa, es decir que no servía para hacer pan. De ahí la importancia que reviste el manejo eficiente de los métodos de secado si queremos mantener la calidad que el grano tenía antes de ser secado artificialmente. Una de las maneras de mejorar los sistemas de secado es mediante el uso de controles automáticos de las secadoras. Los hay con sensores de temperatura de grano, con sensores continuos de humedad de grano y algunos combinados. Desde el punto de vista de la humedad final, los que utilizan sólo la temperatura del grano, no son eficientes. Los mejores controladores automáticos de secadoras son los que utilizan sensores continuos de humedad del grano.

Resumen

-Los sistemas de secado de flujo cruzado de alta temperatura y alta capacidad de secado producen gradientes de temperatura y humedad dentro de la masa de granos secada. La solución es usar secadoras de flujo cruzado modificadas con inversión del flujo del aire o inversión de la columna de granos o con columnas de velocidad variable o la utilización de secadoras de flujo concurrente o de flujo mixto (caballetes).

-El secado a alta temperatura y muy rápido produce un grano de baja calidad: muy susceptible a la rotura, gran porcentaje de granos cuarteados, baja calidad de molienda, baja calidad final de uso. La solución es no exceder la temperatura máxima permisible del grano y no exceder la extracción de agua máxima por hora de acuerdo al grano de que se trate.

-Los sistemas de secado de alta temperatura y alta capacidad de secado no mejoran la variabilidad inicial del contenido de humedad de grano por grano. La solución es el acondicionamiento posterior en silo.