

SECADO DE MAÍZ GRANO

Comportamiento de un secador de cama fija de convección forzada.

Ricardo M. Muñoz C.

El secado es un proceso de vital importancia en los sistemas de manejo de productos alimenticios y de granos en particular, puesto que el contenido de humedad de los granos puede constituirse en el factor más importante que condiciona el éxito de la conservación durante el almacenaje.

El secado reduce la humedad de los granos hasta un nivel que inhiba la germinación de las semillas e impida o reduzca la contaminación o el crecimiento y desarrollo de agentes de biodeterioro como bacterias, hongos y sus micotoxinas, insectos y ácaros.

En Chile, el secado de los granos, en particular el del maíz, se realiza principalmente a nivel de plantas de secado y almacenaje, mientras que a nivel predial, el secado artificial virtualmente no se aplica, sin embargo esta opción tecnológica en numerosos países ha demostrado buenos resultados a nivel de productores agrícolas.

Entre los sistemas de secado factible de implementar a nivel predial está el sistema de secado de cama fija o lecho fijo con circulación o convección forzada del aire de secado.

El método de secado de cama o lecho fijo consiste en colocar y distribuir uniformemente una cantidad de granos sobre el piso perforado de un secador, hasta una altura conveniente, los que son expuestos a un flujo de aire de secado, hasta que la masa de granos alcance el contenido de humedad final deseado. Al término del proceso, los granos son enfriados y almacenados en una estructura independiente al secador, la que puede ser un silo o una bodega.

El presente artículo entrega resultados obtenidos en el secado de maíz grano, en el secador de cama fija con convección forzada, cuya descripción, construcción, funcionamiento y manejo fue presentado en IPA La Platina N° 80, 1994. También se entregan antecedentes que ilustran su comportamiento, que sustentan las ventajas que ofrece el sistema.

PROCESOS DE SECADO DE MAÍZ

El Cuadro 1 presenta algunos resultados experimentales obtenidos en el secado de maíz grano.

Se señala como elemento práctico de manejo para cargar el secador, la altura de la cama de granos. Se debe recordar que este prototipo tiene una capacidad aproximada de 5 mil kg, cuando la cama de granos es cargada a una altura de 50 cm. También se indican los contenidos de humedad inicial y final de la masa de granos; el tiempo de secado experimental; la cantidad de combustible requerido; las condiciones media de temperatura ambiente y humedad relativa del aire ambiente; y, la temperatura media del aire a la salida del difusor y a la entrada de la cama de granos.

La temperatura media del aire es considerada como temperatura de control, la cual es medida en el centro del área de salida del difusor. Como esta temperatura es mayor, permite otorgar un margen de seguridad de operación del secador, desde el punto de vista del nivel de temperatura a emplear. En tanto, la temperatura media del aire a la entrada de la cama de granos corresponde al promedio de dos puntos de medición ubicados al comienzo y al final de la cámara de secado, en el plenum del secador, a 3 cm bajo el piso contenedor de granos.

Cuadro 1. Resultados experimentales de secado de maíz en el secador de cama fija con convección forzada

Proceso (N°)	Altura cama (cm)	Humedad inicial (% bh)	Grano final (% bh)	Tiempo secado (hr)	Aire temp. (°C)	Ambiente humedad relat. (%)	Aire de control (°C)	Secado entrada (°C)	Combustible (kg)
1	10	21,74	12,55	6,0	16,0	63	65,7	61,3	99,5 l
2	25	20,35	12,28	10,5	12,0	76	68,7	64,2	205,5 l
3	30	22,20	13,02	12,0	17,9	48	58,6	47,7	136,6 m
4	30	21,08	12,58	12,0	8,9	85	67,2	63,3	207,1 l
5	30	19,91	12,33	15,1	9,5	83	51,9		282,1 c
6	40	26,72	13,09	16,0	11,7	89	68,1	64,5	220,0 l
7 a	40	27,01	14,93	22,0	21,9	58	65,1	58,6	341,2 c
8	40	18,80	13,15	18,6	15,2	70	56,4		239,0 c
9 b	50	17,95	13,12	18,0	9,2	82	59,8	50,7	250,0 c
10 a	50	23,67	14,29	24,0	10,9	74	67,9	54,6	339,4 m
11	50	19,75	14,53	14,5	8,8	75	68,0	63,0	249,5 m
12 a	50	24,26	17,29	18,0	12,9	71	66,6	49,1	292,9 m
13	50	17,08	12,79	12,0	16,1	73	69,1	64,6	190,4 l
14	50	20,01	11,69	16,0	12,1	81	68,4	63,7	254,6 l
15 a	50	21,34	13,47	25,5	13,6	50	62,3	53,1	372,3 c
16 b	50	19,97	15,18	23,0	12,7	78	65,2	49,5	322,9 c
17 a	50	27,86	12,54	29,0	16,0	56	67,4	55,5	428,6 c
18	50	21,15	12,49	17,5	16,8	68	68,5	64,6	302,0 l
19	60	22,05	13,82	28,0	14,1	54	73,9	69,2	398,4 m
20 a	60	26,70	19,49	20,5	16,3	45	66,8	51,3	289,7 m
21	60	16,85	14,73	8,5	20,4	60	62,6	50,8	130,7 c
22	60	20,08	13,73	21,0	16,1	62	64,2	56,1	295,5 c

a: Proceso de secado conducidos en forma discontinua (dos etapas) b: Proceso de secado conducido con un filtro en el ducto de salida del aire de secado l: Leña m: Despuntes de madera elaborada. c: Corontas de maíz

Estimaciones basadas en los antecedentes experimentales, indicaron que, como se esperaba, a una mayor altura de la cama de granos mayor es el tiempo de secado, en tanto que la capacidad de secado y la eficiencia térmica aumenta hasta una altura de cama de granos de 40 cm, para disminuir a partir de los 50 cm. La capacidad o rendimiento de secado está determinado por la cantidad de granos secados por unidad de tiempo y la eficiencia térmica está referida al gasto de energía (combustible) en la eliminación de la humedad del grano.

Como se ha señalado (IPA La Platina Nº 80, 1994) este sistema de secado puede utilizar materiales combustibles tales como carbón, leña, corontas u otros residuos agrícolas, para el calentamiento directo del aire de secado.

Desde el punto de vista del manejo simple del proceso de combustión, la leña ofreció ventajas sobre las corontas de maíz, puesto que con alguna frecuencia se presentaron problemas debido a las características aerodinámicas de las cenizas provenientes de la quema de corontas, las cuales eran arrastradas por el aire de secado hacia la cámara de secado. Dicha situación se supera a través del diseño de la fuente de calor dirigida al uso específico de corontas o mediante la utilización de filtros en el ducto de salida de los gases de la fuente de calor.

En relación a los filtros, se realizaron experiencias demostrativas, en las cuales se usó un filtro construido con una lámina metá-

lica perforada, sin embargo, el caudal de aire de secado disminuyó en un 20 por ciento, debido a la pérdida de carga ofrecida por el filtro a la circulación del aire. Para evitar el problema es necesario tomar precauciones en el diseño de las condiciones de operación del sistema.

Como el frente de secado de la masa de granos avanza desde las capas de granos próximas al piso contenedor hacia las capas superiores, es conveniente mezclar periódicamente la masa de granos.

En la Figura 1 —que señala la variación del contenido de humedad del grano en todo el perfil (50 cm) y en la capa superior (25 cm) e inferior (25 cm) de la cama de granos— se observa que al no mezclar la masa de granos durante el secado, el contenido de humedad resulta desuniforme. También se ve que sobre las 4 horas ya se detecta las diferencias entre la capa superior y la inferior, lo que da un criterio acerca del momento apropiado para proceder a la mezcla de la cama de granos. De la misma manera se advierte una caída de temperatura del aire de secado de 5,6° C entre el punto de medición ubicado al comienzo (sección anterior) y al final (sección posterior) del plenum de la cámara de secado, lo que implicaría en parte la diferencia observada (menor a 1 por ciento) entre el contenido de humedad de los granos ubicados en la sección anterior de la cámara de secado, la cual es vecina a la salida del difusor, y la sección posterior de dicha cámara.

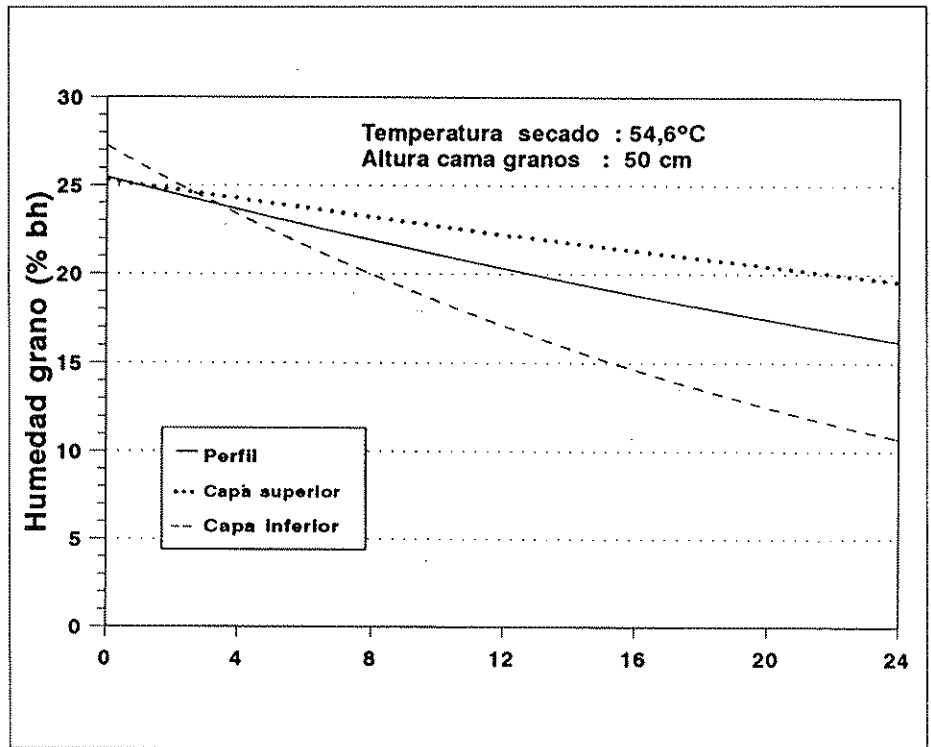


Figura 1. Contenido de humedad en función del tiempo de secado de maíz en todo el perfil de la cama de granos y sus capas superior e inferior (Proceso de secado Nº 10).

PROYECCIONES DEL SISTEMA DE SECADO

El análisis simple de los resultados experimentales (Cuadro 1) permiten estimar y proyectar las ventajas que ofrece el sistema.

El Cuadro 2 presenta los tiempos de secado de maíz, consumo de combustible a base de leña y energía eléctrica, estimada para un número variable de 10 a 60 procesos de secado para alcanzar contenidos de humedad del grano que van de 22 por ciento de humedad inicial a una humedad final de 15,5 y 14,5 por ciento. El valor de humedad del grano de 14,5 por ciento es considerado como grano seco desde el punto de vista comercial (IPA La Platina N° 57), mientras que el valor 15,5 por ciento refleja una humedad factible del grano donde detener el proceso de secado, considerando que este perdería un mínimo adicional de 1 por ciento durante el reposo y enfriamiento del lote de granos.

Se ha observado que dejando en reposo el lote de granos o permitiendo que la masa de granos se enfríe en el secador, una vez detenida la operación de secado, se logra una disminución adicional de 1 a 2 por ciento de humedad, dependiendo de las condiciones finales de humedad del grano y del ambiente. Esto significa que el proceso de secado se puede detener cuando el grano alcanza una humedad de 1 a 2 por ciento superior al valor final, lo que contribuye a un ahorro de combustible y por consecuencia un aumento de la eficiencia térmica.

También, para aumentar la capacidad de secado y el aprovechamiento del combustible, se puede descargar la masa de granos, una vez secos, permitiendo el enfriamiento fuera del secador e inmediatamente cargar un nuevo lote, de esta manera se procesa granos en forma continua y se ahorra combustible derivado del aprovechamiento del calor residual del sistema. Asimismo, la pérdida adicional de humedad, permitiría alcanzar un contenido

de humedad adecuado para un almacenamiento durante un periodo de tiempo, que será función, principalmente, del sistema de almacenaje y de las condiciones ambientales.

Es necesario señalar que este sistema prototipo propuesto fue desarrollado teniendo en cuenta que la demanda de potencia fuera compatible con una realidad predial tipo, en este caso no superior a 1 HP (745 Watts en corriente monofásica), sin embargo se debe tener en cuenta que el uso de una baja potencia a demandas crecientes de capacidades de secado, se obtienen tiempos de secado mayores. Si se desea dar solución a una mayor capacidad de secado, por cierto dentro de límites en los cuales se encuentra una potencial aplicación predial, debería considerarse una mayor potencia (eléctrica) requerida para impulsar el ventilador diseñado para un sistema de mayor capacidad. Este sistema puede ser desarrollado a partir de dimensiones fijas o variables de la cámara de secado y de la fuente de calor.

Cuadro 2. Cantidad de granos, energía y tiempo requerido para procesos de secado conducidos a una altura de cama de granos de 50 cm con una humedad inicial de 22% bh y dos supuestos contenidos de humedad final del grano

Procesos Nº	Maíz (kg)	Humedad final: 14,5% bh			Humedad final: 15,5% bh		
		Consumo de energía			Consumo de energía		
		Combustible (kg)	Eléctrica (kw)	Tiempo (hr)*	Combustible (kg)	Eléctrica (kw)	Tiempo (hr)*
10	50.610	2 863,0	138,8	206,3	2 511	121,7	183,4
20	101.220	5 726,0	277,6	412,6	5 022	244,5	366,8
30	151.830	8.589,0	416,4	618,9	7.533	365,2	550,2
40	202.440	11.452,0	555,2	825,2	10 044	486,9	733,6
50	253.050	14.315,0	693,9	1 031,5	12 555	608,7	917,0
60	303.660	17.178,0	832,8	1 237,5	15 066	730,4	1.100,4

*Considera tiempo de secado, carga y descarga del secador

Para ilustrar, de manera simplificada, una capacidad de procesamiento de este sistema prototipo, se supone un número de 40 procesos en la temporada de cosecha de maíz. Así se puede estimar la superficie del cultivo factible de secar, además de coordinar con las labores de cosecha del grano. Por lo tanto si se selecciona del Cuadro 2 aquella condición que supone retirar los granos con un 14,5% de humedad, se tiene lo siguiente:

Cantidad de maíz a secar (22% bh)	=	202.440 kg
Cantidad de Combustible (leña)	=	11.452 kg
Consumo de energía eléctrica	=	555,2 kw
Tiempo total	=	825,2 hr

A continuación se determina la merma por secado (IPA La Platina N° 52, 1989):

$$MS = MG \frac{(Hi - Hf)}{(100 - Hf)}$$

donde: MS: Merma por secado
 MG: Masa de granos a secar
 Hi: Humedad inicial (% bh)
 Hf: Humedad final.

Aplicando la fórmula se calculó una merma de 17.757,9 kg (agua). Por lo tanto, la cantidad final de maíz con 14,5 por ciento de humedad es de 184.682,1 kg (1.846,8 qqm). Si se supone un rendimiento por hectárea de 70 qqm, se tiene una capacidad de proceso, bajo las condiciones de este estudio, de 26,4 hectáreas de maíz.

Finalmente, cabe considerar la versatilidad de este sistema de secado, el que puede ser orientado a otros granos u otros productos de consumo más directo, como son algunas frutas (pasas, nueces, etc.), modificando o reemplazando la fuente de calor por una que caliente el aire de secado en forma indirecta. De esta forma se obtiene aire caliente limpio, con lo que se evita transmitir sabores u olores desagradables al producto, como ocurre cuando se usan gases de combustión proveniente de quemados de materiales mal manejadas. ●



- MEJORAN Y CONSERVAN LA FERTILIDAD NATURAL DE LOS SUELOS, PROTEGIENDO EL AMBIENTE.
- PRODUCTOS DE ENTREGA LENTA Y SOSTENIDA CON MINERALES NATURALES, MATERIAS ORGANICAS, ENZIMAS, ALGAS MARINAS.
- PRODUCTO CHILENO.

- TERRAMAR
- BIONIQ
- FOSFAZUFRE
- BIOAZUFRE
- MICROGOTA
- RIEGOFERTIL
- MICROELEMENTOS DENICOLA

ABASTECEDORA AGRICOLA ANGOSTURA LIMITADA
 PEDRO LEON UGALDE 1164 FONOFAX: 5556599 - SANTIAGO