

Factores físicos que afectan al grano almacenado

1. Introducción

Los granos y las semillas almacenadas están sujetas a los cambios ambientales. Estos cambios pueden ser de índole física, biológica, química y técnica.

Los factores físicos tienen una influencia decisiva en el almacenamiento de los granos y las semillas. Cuando las condiciones ambientales son apropiadas, los granos se podrán almacenar por largos períodos sin que presenten problemas. Por el contrario cuando las condiciones ambientales son adversas el deterioro puede ocurrir en pocos días descomponiendo el grano hasta su destrucción total. Los factores físicos más importantes son la humedad, la temperatura, la condición del grano y la cantidad de oxígeno disponible en el almacén.

2. Humedad

La humedad es el factor de mayor influencia en la conservación de granos y semillas durante el almacenamiento. Su importancia radica en su relación con factores biológicos que causan daño y en los que afectan el valor nutricional y económico (calidad y peso) de las cosechas. Las plagas que atacan el grano son menos atraídas al grano seco, por el contrario el deterioro de grano húmedo es muy rápido y puede llegar a niveles de 100% de pérdidas.

Usualmente el grano viene del campo con contenidos de humedad altos (20% ó más), impidiendo su almacenamiento "seguro". El grano con niveles de humedad seguros para su almacenamiento tendrá bajos o insignificantes problemas por ataque de microorganismo y bajos niveles de ataque por insectos.

En el caso de los cereales un contenido de humedad menor del 14% es aceptable para el almacenamiento de 1 año ó más; este contenido en las leguminosas se reduce a un 12% o menos. Para reducir la humedad del grano se requieren métodos de secado, ya sean naturales o artificiales.

El grano es un producto higroscópico. La humedad del ambiente (humedad relativa) y la temperatura afectan su contenido de humedad. Para prevenir que el grano absorba humedad del medio ambiente, es recomendable secarlo bien y almacenarlo dentro de un recipiente cerrado que prevenga la libre entrada de la humedad; por ejemplo el silo metálico o un barril, ambos ofrecen una barrera física a la entrada de humedad y de esta forma se puede almacenar grano por un año o más, con humedades en equilibrio inferiores que las encontradas en el medio ambiente.

Cuadro 1. Contenidos de humedad máximos posibles para almacenamiento seguro de diferentes productos para períodos de 1 y 3 años.

Grano	Contenido de humedad para almacenamiento seguro	
	1 Año	3 Años
Maíz	13	10
Arroz	12-13	10
Sorgo	12-13	10
Trigo	12-13	10
Frijol	13-14	10
Soya	12-13	10
Mani	6-7	5

En el Cuadro 1 se consideran temperaturas entre 25 y 30°C. Temperaturas menores aumentarán el período de almacenamiento del grano. Temperaturas superiores reducirán su período de almacenamiento, especialmente en las leguminosas.

El parámetro de calidad de tiempo de cocción en frijol depende del contenido de humedad y la temperatura. No se pueden asegurar tiempos de cocción reducidos a estas humedades, debido a que fisiológicamente hay variación entre variedades. En la semilla de soya la germinación varía de acuerdo a la variedad almacenada, los rangos presentados no garantizan su germinación en un 100% después de 1 año de almacenamiento.

Entre más seco se encuentre el grano almacenado, menor será su índice de deterioro aún cuando otros factores físicos sean desfavorables. La mayoría de insectos de almacén no se reproducen a humedades inferiores de 10% ya que no pueden sobrevivir. Existen dos excepciones, *Rhyzopertha dominica* y *Prostephanus truncatus* pueden dañar el grano a humedades de 9 y 10%. Debemos vigilar el grano almacenado por largos períodos para controlar el ingreso de estas especies.

3. Temperatura

El microclima que rodea al grano es afectado por la temperatura del ambiente que lo rodea. Esta temperatura cambia de acuerdo a los efectos de la radiación solar. Dependiendo de los materiales de construcción del almacén, la variación será más o menos pronunciada. En climas calientes la temperatura de algunas bodegas pueden alcanzar niveles muy altos afectando el grano y la semilla almacenada. Si la temperatura en la noche es baja, la temperatura en el almacén tenderá a bajar; si la temperatura en el día es alta, la temperatura del almacén aumentará.

La germinación de la semilla es especialmente afectada por la temperatura. Temperaturas a más de 40°C pueden reducir la germinación rápidamente. En

sistemas tradicionales de manejo postcosecha de granos, la temperatura es a menudo poco controlada y puede eventualmente afectar la semilla. Cuando se secan granos al sol, las temperaturas pueden exceder los 40°C esto puede afectar la germinación de la semilla si esta no se voltea frecuentemente para lograr un secado uniforme.

En el secado del grano almacenado la importancia de la temperatura radica en su efecto sobre factores biológicos como los microorganismos e insectos. Mientras más alejada sea la temperatura del óptimo de su desarrollo más seguro será el almacenamiento.

Los microorganismos (hongos) que atacan el grano almacenado se desarrollan rápidamente a temperaturas mayores de 25°C, con un rango óptimo entre 28 y 32°C si se encuentra humedad disponible. Según se desarrollen, la temperatura irá en aumento debido a su metabolismo y crecimiento, causando la descomposición del grano. Los hongos mueren cuando la temperatura del grano está fuera del margen en que se efectúa su crecimiento. Su muerte es rápida si la temperatura sobrepasa su máximo de tolerancia y lenta, si está por debajo de la mínima. Es importante mantener el grano a temperaturas inferiores de las óptimas para evitar el desarrollo de los hongos y que este no se dañe. En almacenes como los silos metálicos esto se obtiene al colocarlos en ambientes frescos y bajo techo, mientras menos tiempo permanezca el grano a temperaturas de óptimo desarrollo de hongos mayor y mejor será su almacenamiento.

La temperatura también tiene un efecto importante en el desarrollo de insectos. A bajas temperaturas, su desarrollo y reproducción es despacio o retardado, su mortalidad es relativamente alta y su actividad también baja. Si la temperatura sube, la tasa de desarrollo aumenta, la actividad de los insectos se incrementa, baja la mortalidad y como consecuencia sus números aumentan rápidamente.

Todas las especies de insectos tropicales importantes de almacén se desarrollan en un rango óptimo de temperatura entre 25 y 35°C. temperaturas debajo de 20°C reducen su tasa de crecimiento a puntos tan bajos que a los niveles de daños son casi insignificantes. Temperaturas inferiores a 5°C pueden erradicar las poblaciones de la mayoría de insectos, aunque sorprendentemente algunas especies son resistentes. Pocas especies pueden resistir temperaturas mayores de 45°C. la mayoría muere rápidamente en estas condiciones.

4. Condición del Grano

Los granos son organismos vivos, formados por una capa protectora (pericarpio), reserva de alimentos (endosperma) y el embrión (germen). En su estado entero, sano y limpio presentan resistencia a la descomposición ocasionada por microorganismos e insectos. Cuando su capa protectora está dañada o el grano está quebrado, se verá más susceptible al ataque de estas plagas aunque se almacene bajo condiciones ambientales favorables.

El grano sufre daño desde que se encuentra en el campo. El ataque de pájaros, roedores, insectos y microorganismos comienza a deteriorar su capa protectora haciéndolo más susceptible al ataque de plagas de almacén. Algunas prácticas de

manejo tradicionales como el "aporreo" en el fríjol, el desgrane con maquina mal calibrada o cualquier presión mecánica que reciba el grano, también producirán deterioro haciendo al grano más susceptible al ataque de plagas durante su almacenamiento. En general mientras más entero y sano se almacene un producto, mayor será su conservación (almacenabilidad).

La condición en que se almacenen los granos o semillas, determina en gran parte su conservación. A mejor condición inicial del grano, mayor será su conservación y menor serán las perdidas registradas. Grano limpio se conserva mejor que grano sucio. La práctica tradicional de almacenar fríjol mezclado con residuos de cosecha (brosa o guate) puede servir como fuente de inóculo adicional y además alteran la humedad del microclima que rodea al grano.

5. Oxígeno

La respiración de los granos, los insectos y microorganismos asociados a ellos, involucra el uso de oxígeno. Mientras menor sea el contenido de oxígeno de un almacén, menor será la respiración del grano y la actividad de los insectos y microorganismos reduciéndose sus efectos de daño.

En métodos tradicionales de almacenamiento la presencia de oxígeno no es una limitante, salvo en almacenamiento e estructuras herméticas como en silos metálicos y barriles. En estos casos los niveles de oxígeno pueden reducirse al sellar completamente la estructura y permitir que la respiración del grano, insectos y microorganismos consuma todo el oxígeno disponible. Esto ha sido reconocido como una alternativa para evitar el deterioro y ha sido utilizada para almacenar grano húmedo para ensilaje, sin embargo, en el caso del grano almacenado para consumo humano su uso es limitado. No sólo se deben reducir los niveles de oxígeno a concentraciones mínimas, sino que se deben mantener bajos, requiriendo así de estructuras especiales a prueba de escapes. Cualquier orificio permitirá la entrada de oxígeno lo mismo que el abrir la estructura para sacar el grano. El uso de atmósferas sin oxígeno para controlar plagas de almacén para pequeñas o grandes cantidades de grano es poco práctico para el agricultor.

Pequeñas cantidades, especialmente de semillas, pueden ser almacenadas en pequeños envases sellados si se les da la atención debida. Los envases deben estar hechos de material impermeable al aire y a la humedad. No deben tener agujeros y deben estar sellados con un material que impida cualquier movimiento de aire (por ejemplo: cera, cinta especial y otros).

6. Almacenabilidad

Las condiciones ambientales del almacén determinan si el grano puede ser almacenado con seguridad. Si el grano es expuesto a humedades o temperaturas altas comenzará el proceso de deterioro. Este proceso continuará más rápidamente si el grano se encuentra en malas condiciones.

Si se conoce el contenido de humedad del grano además de la temperatura y humedad relativa, entonces pueden usarse los cuadros 2 y 3 para determinara si el

grano puede almacenarse con seguridad o si debe secarse más o protegerse de la humedad.

Por ejemplo, si el maíz tiene 14% de humedad y la temperatura promedio durante el período de almacenamiento es 32°C con una humedad relativa de 75%, entonces de acuerdo al cuadro 2 (para maíz) el grano puede ser almacenado con seguridad. Sin embargo, si el contenido de humedad del maíz es 16% bajo las mismas condiciones, comenzará a deteriorarse. Los cuadros pueden también ayudar a decidir cuál es el contenido de humedad al que debe secarse el grano para prevenir el deterioro.

Cuadro 2. Contenido de humedad (b.h.) de maíz en equilibrio a diferentes Temperaturas y humedades relativas

Temperatura	Humedad Relativa											
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
10	11.2	11.8	12.5	13.1	13.8	14.6	15.4	16.3	17.3	18.6	20.2	22.8
12	11.0	11.6	12.3	12.9	13.6	14.4	15.2	16.1	17.1	18.4	20.0	22.7
14	10.7	11.4	12.0	12.7	13.4	14.2	15.0	15.9	16.9	18.2	19.9	22.5
16	10.5	11.2	11.8	12.5	13.2	14.0	14.8	15.7	16.7	18.0	19.7	22.4
18	10.3	11.0	11.6	12.3	13.0	13.8	14.6	15.5	16.6	17.9	19.5	22.2
20	10.1	10.8	11.5	12.1	12.8	13.6	14.4	15.3	16.4	17.7	19.4	22.1
22	10.0	10.6	11.3	12.0	12.7	13.4	14.3	15.2	16.2	17.5	19.2	21.9
24	9.8	10.4	11.1	11.8	12.5	13.3	14.1	15.0	16.1	17.4	19.1	21.8
26	9.6	10.3	10.9	11.6	12.3	13.1	13.9	14.9	15.9	17.2	19.0	21.6
28	9.4	10.1	10.8	11.5	12.2	12.9	13.8	14.7	15.8	17.1	18.8	21.5
30	9.3	9.9	10.6	11.3	12.0	12.8	13.6	14.6	15.6	17.0	18.7	21.4
32	9.1	9.8	10.5	11.1	11.9	12.6	13.5	14.4	15.5	16.8	18.6	21.3
34	9.0	9.6	10.3	11.0	11.7	12.5	13.4	14.3	15.4	16.7	18.4	21.2
36	8.8	9.5	10.2	10.9	11.6	12.4	13.2	14.2	15.2	16.6	18.2	20.9
38	8.7	9.3	10.0	10.7	11.5	12.2	13.1	13.9	15.0	16.2	18.0	20.7
40	8.5	9.2	9.9	10.6	11.3	12.1	13.0	13.9	15.0	16.3	18.1	20.8
42	8.4	9.1	9.7	10.4	11.2	12.0	12.8	13.8	14.9	16.2	18.0	20.7
44	8.2	8.9	9.6	10.3	11.1	11.8	12.7	13.7	14.8	16.1	17.9	20.6

Nota: las columnas enmarcadas representan humedades en equilibrio donde inicia el deterioro por microorganismos.

Nota: b.h. es el contenido de humedad del grano en base húmeda. Es utilizada comúnmente en el mercadeo y el almacenamiento del grano y es la proporción del peso del agua que posee el grano entre el peso total del grano.

Cuadro 2. Contenido de humedades (b.h) de frijol en equilibrio a diferentes temperaturas y humedades relativas.

Temperatura	Humedad Relativa											
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
10	10.2	10.9	11.6	12.3	13.1	13.9	14.7	15.7	16.8	18.2	19.9	22.7
12	10.2	10.8	11.5	12.3	13.0	13.8	14.7	15.7	16.8	18.1	19.9	22.7
14	10.1	10.8	11.5	12.2	13.0	13.8	14.6	15.6	16.7	18.0	19.8	22.6
16	10.0	10.7	11.4	12.2	12.9	13.7	14.5	15.5	16.6	18.0	19.8	22.6
18	10.0	10.7	11.4	12.1	12.9	13.7	14.5	15.5	16.6	18.0	19.8	22.6
20	9.9	10.6	11.3	12.0	12.8	13.6	14.5	15.4	16.6	17.9	19.7	22.5
22	9.9	10.6	11.3	12.0	12.7	13.6	14.4	15.4	16.5	17.8	19.6	22.4
24	9.8	10.5	11.2	11.9	12.7	13.5	14.4	15.4	16.5	17.8	19.6	22.4
26	9.8	10.5	11.2	11.9	12.6	13.5	14.3	15.3	16.4	17.8	19.6	22.4
28	9.7	10.4	11.1	11.8	12.6	13.4	14.3	15.3	16.4	17.7	19.5	22.4
30	9.7	10.3	11.0	11.7	12.4	13.3	14.1	15.1	16.3	17.7	19.5	22.3
32	9.6	10.3	11.0	11.7	12.5	13.3	14.2	15.2	16.3	17.7	19.5	22.3
34	9.5	10.2	11.0	11.7	12.4	13.3	14.1	15.1	16.2	17.6	19.4	22.2
36	9.5	10.2	10.9	11.6	12.4	13.2	14.1	15.1	16.2	17.6	19.4	22.2
38	9.4	10.1	10.8	11.5	12.3	13.1	14.0	15.0	16.1	17.5	19.3	22.1
40	9.4	10.1	10.8	11.5	12.3	13.1	14.0	15.0	16.1	17.5	19.3	22.1
42	9.3	10.0	10.8	11.5	12.2	13.1	13.9	14.9	16.1	17.4	19.3	22.1
44	9.3	10.0	10.7	11.4	12.2	13.0	13.9	14.9	16.0	17.7	19.2	22.0

Nota: las columnas enmarcadas representan humedades en equilibrio donde inicia el deterioro por microorganismo.

Nota: b.h. es el contenido de humedad de el grano en base húmeda. Es utilizada comúnmente en el mercadeo y el almacenamiento del grano y es la proporción del peso del agua que posee el grano entre el peso total del grano.