

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE AGRONOMIA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



**CONSERVACIÓN DE GRANOS ALMACENADOS**

POR:

MARTIN GUZMAN IBARRA

MONOGRAFIA

Presentada como requisito parcial para

Obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo en Producción

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Enero del 2009

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

CONSERVACION DE GRANOS ALMACENADOS

PRESENTADA POR:

*MARTIN GUZMAN IBARRA*

MONOGRAFIA

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

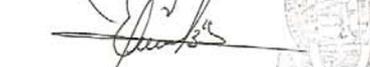
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

APROBADA POR:

  
MC. María Alejandra Torres Tapia  
Presidente del jurado

  
Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo  
Sinodal

  
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
Dr. Sergio Ignacio Dávila Cabello  
Sinodal

  
Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo  
Coordinador de la División de Agronomía

División de Agronomía  
Coordinación.  
Enero del 2009

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

## *AGRADECIMIENTOS*

### *A Dios*

*Por estar siempre conmigo y nunca dejarme solo. Por darme vida y la felicidad de haber hecho posible una de las metas más grandes de mi vida terminar mis estudios.*

### *A la UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"*

*Por abrirme sus puertas para la adquisición y desarrollo de conocimientos para mi formación profesional.*

### *A la MC. María Alejandra Torres Tapia*

*Por el apoyo y dedicación incondicional para la realización de este trabajo.*

### *Al jurado examinador*

*Por el asesoramiento en este trabajo, comentarios y correcciones muchas gracias.*

### *A José Juan Galván Centeno*

*A quien considero como mi hermano, quien durante muchos años siempre me ha brindado su apoyo y amistad, espero que sigan siendo muchos años más.*

### *A mis amigos y compañeros*

*Mis amigos y compañeros de la UAAAN que siempre me brindaron su amistad durante mi estancia es esta maravillosa Universidad, muchas gracias.*

## DEDICATORIA

*A mis padres con mucho respeto y cariño:*

*Sr. Martín Guzmán Retana*

*Sra. María Asunción Ibarra Mendiola*

*Quienes durante toda mi vida me han brindado todo su amor, me han inculcado lo mejor con sus consejos, gracias a su esfuerzo y sacrificio me han ayudado a salir adelante y me dieron todo su apoyo para que terminara mis estudios muchas gracias por creer en mí.*

*Los quiero mucho.*

*A mis hermanos:*

*David Guzmán Ibarra*

*Daniel Guzmán Ibarra*

*María del Carmen Guzmán Ibarra*

*Jazmín Guzmán Ibarra*

*Quienes siempre me han brindado su apoyo y lo más valioso el amor de familia, gracias por estar en los momentos mas felices y difíciles de mi vida.*

*A mi sobrino:*

*Alan Daniel Guzmán*

*Quien a pesar de ser muy pequeño me ha hecho sonreír y pasar muchos momentos felices.*

*“A todas aquellas personas que ya no están cerca de mí pero dejaron muchos momentos y recuerdos felices, gracias por formar parte de mi vida siempre estarán en mi corazón”.*

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Agradecimientos.....	I
Dedicatorias.....	II
Índice de contenido.....	III
Índice de Figuras.....	IV
I.- Introducción.....	1
II.- Principios básicos del almacenamiento.....	5
Importancia.....	5
Elementos esenciales.....	9
III.- Condiciones elementales para almacenar.....	13
Condiciones climáticas.....	13
Humedad de equilibrio.....	17
Temperatura.....	18
IV.- Preparación del grano para almacenar.....	20
Limpieza.....	20
Secado .....	26
Acondicionamiento.....	29
V.- Características del grano para ser almacenado.....	30
Impurezas en los granos.....	30
Temperatura del grano.....	32
Humedad del grano.....	34
Sanidad del grano.....	37

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Condiciones adecuadas de limpieza internas y externas en un almacén de Penjamo, Gto.....	10
Figura 2.2 Transportador aéreo de grano.....	10
Figura 2.3 Supervisión de limpieza de la rampa en la superficie y en el interior en la Barca, Jalisco.....	11
Figura 2.4 Muro encalado después de haber sido limpiado en Penjamo, Gto.....	11
Figura 2.5 Aplicación del insecticida en pisos y paredes del almacén en Santana Pacueco, Gto.....	12
Figura 4.1 Limpieza del grano con ayuda del viento.....	21
Figura 4.2 Limpieza con zarandas manuales.....	22
Figura 4.3 Limpieza del grano con ventiladores.....	22
Figura 4.4 Maquina con mallas cilíndricas.....	24
Figura 4.5 Maquina de aire-zarandas.....	25
Figura 5.1 humedad de los granos.....	35
Figura 5.2 larva y adulto de Palomilla dorada.....	39
Figura 5.3 Palomilla india de la harina.....	40
Figura 5.4 gorgojo del maíz.....	40
Figura 5.5 gorgojo del arroz.....	40
Figura 5.6 gorgojo del grano.....	40
Figura 5.7 Barrenador primario de los granos.....	41
Figura 5.8 Gorgojo kaphra .....	41
Figura 5.9 Carcoma grande de los granos.....	41
Figura 5.10 Gorgojo confuso.....	42
Figura 5.11 Gorgojo castaño.....	42
Figura 5.12 Gorgojo aserrado.....	42
Figura 5.13 Gorgojo mercante.....	43
Figura 5.14 Gorgojo plano del grano.....	43
Figura 5.15 Gorgojo rojizo.....	43
Figura 5.16 Gorgojo del molino.....	43
Figura 5.17 Larva y adulto del gusano oscuro de la harina.....	44

Figura 5.18 Larva y adulto de gusano amarillo de la harina.....	44
Figura 5.19 Adulto de rata negra.....	51
Figura 5.20 Adulto de rata parda.....	52
Figura 5.21 Adulto de ratón domestico.....	53

## INTRODUCCIÓN

A través de la historia, el hombre se ha visto en la necesidad de almacenar y preservar sus cosechas. Los nómadas se transformaron en sedentarios cuando aprendieron a sembrar y conservar los frutos resultantes de su arduo trabajo.

La conservación y protección de los granos es la parte fundamental en el ámbito alimenticio social y económico; comenzando a acumular reservas de una manera organizada, particularmente las de tipo alimenticio, trataron de buscar los mejores medios para asegurar su subsistencia, ya que existen evidencias de que el almacenamiento y conservación de los granos data desde el período neolítico en la edad de piedra (8000 años a. c.).

Actualmente, esta práctica sigue jugando un papel de mucha importancia, porque la mayoría de los granos se almacenan antes de ser canalizados hacia las industrias alimentarias (Arias 1996).

La organización de agricultura y alimentación (FAO, 1996) ha estimado que las pérdidas durante el almacenamiento llegan hasta 50% en algunos países subdesarrollados localizados en regiones tropicales y subtropicales del mundo.

En América latina, las mermas varían de un 20-25% debido a que el clima favorece el crecimiento de plagas de almacén y dificulta el control de contenido de humedad del grano. Los recursos económicos de dichas regiones no permiten grandes inversiones en bodegas de almacenamiento.

Los granos dañados sufren importantes mermas en cantidad como en calidad nutritiva y especialmente en su valor económico como materia prima para la industria en mercados nacionales e internacionales.

La FAO ha determinado que con un eficiente y adecuado control de las altas pérdidas de granos almacenados se podría solucionar el problema de escasez mundial de alimentos, desafortunadamente estas pérdidas son mayores en países en vías de desarrollo, donde los escasos recursos económicos se traducen en deficientes prácticas de almacenamiento y distribución (Othon, 1996).

### **Los Cereales en México**

Los granos básicos para la alimentación del pueblo mexicano lo constituyen principalmente el maíz, trigo y arroz.

El maíz, es sin duda, el grano que ocupa el primer lugar en cultivo y consumo en México, al igual que en los países de África del sur, Guatemala, Honduras y el Salvador por ser fuente principal de proteínas.

Entre los granos oleaginosos, los dos más importantes por su volumen de producción son la soya y el cártamo, al igual que el sorgo en los cereales, la producción de estos se ha visto incrementada para poder satisfacer la demanda de México.

La producción de granos básicos en México fue de 24 millones 699 mil toneladas en el 2000, en 2001; 24 millones 310 mil 200, un año después; 25 millones 105 mil 400, en 2003; 25 millones 488 mil 600, en 2004 y el año pasado se estima que fue de 25 millones 584 mil 900 toneladas.

El cultivo que tuvo un mayor incremento en este periodo de cinco años fue el maíz grano, con 21.91 por ciento. En 2003 y 2004 este grano registró 20 millones 701 mil 400 y 21 millones 685 mil 500, respectivamente.

El Fondo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) estimó que la producción de México fue de 32 millones de toneladas de granos básicos como maíz y frijol, así como 300 mil toneladas de arroz y 3.4 millones de trigo.

En referencia a México, ubicado en la sub-región de América Central y el Caribe, señala que la cosecha de 2008 podría llegar a 34 millones 200 mil toneladas de cereales, cifra similar a la del año pasado.

Respecto a los granos básicos, la FAO estimó una expansión en las extensiones sembradas, especialmente en zonas de Baja California y Sonora que cuentan con riego.

Los incrementos de la producción y, sobre todo, el de la población nos plantean un problema bastante serio. Por un lado, los volúmenes de grano deben almacenarse y conservarse va en aumento cada día; por otro lado, estos productos demandan un manejo adecuado para conservar la calidad y el valor económico, agrícola e industrial hasta el momento de ser consumido.

Hasta ahora no existe en México ni en muchos otros países del mundo, cifras exactas o estadísticas confiables que indiquen la cuantía de las pérdidas anuales en el renglón de los granos almacenados.

La Organización de las Naciones Unidas mantiene su alerta sobre las dificultades en la producción y el abasto de alimentos en distintas zonas del mundo, especialmente en el sur de África, donde la ausencia de sistemas de riego dificulta la producción.

[http://www.exonline.com.mx/diario/noticia/primera/pulsonacional/preven\\_buena\\_produccion\\_de\\_granos\\_para\\_mexico/207762](http://www.exonline.com.mx/diario/noticia/primera/pulsonacional/preven_buena_produccion_de_granos_para_mexico/207762)

**Palabras clave:** producción de granos en México, climas de México, limpieza del grano, secado, acondicionamiento, temperatura y humedad de los granos, sanidad, plagas de almacén.

## **PRINCIPIOS BASICOS DEL ALMACENAMIENTO**

### **Importancia**

El almacenamiento tiene como objetivo primordial preservar la integridad del grano y en segundo termino estandarizar, clasificar y seleccionar los diferentes cereales para darle un valor comercial apropiado. El valor del grano recién cosechado depende principalmente de su contenido de humedad, cantidad de material extraño que incluye la presencia de otros granos, porcentaje de granos dañados o quebrados y evidencia de contaminación con microorganismos (Lindblad, 1979).

Cualquiera que sea el tipo de método de almacenamiento que se use, hay ciertos principios en los que se esta basando cada método (Druben 1979). Cualquier almacén, no importa el tamaño o de que este hecho, debe mantener la integridad biótica del grano como:

- Mantener el grano fresco y seco
- Proteger al grano de los insectos
- Proteger al grano de los roedores
- Proteger al grano de los hongos de almacén.
- De las aves
- Mantener sus características nutritivas

## **Requisitos para un buen almacenamiento**

El almacenamiento empieza desde el momento en que los granos alcanzan la madurez fisiológica en el campo. En todo este tiempo, el grano esta sometido a muy diversas condiciones de almacenamiento (Aguirre 1992).

La clave de un buen almacenamiento es el control dentro de los limites adecuados del contenido de humedad en el grano, lo cual es un proceso complicado que requiere importantes practicas de manejo como son la estricta protección del grano contra la lluvia y otros agentes ambientales. Movimiento y/o rotación, aireación y en ocasiones el secado artificial del mismo. Existe un sinnúmero de diseños de bodegas o almacenes para grano.

El tipo de bodega para el grano depende del volumen por almacenar, condiciones climatológicas que imperan en la región, disponibilidad de recursos humanos y económicos además del mecanismo de control de microorganismos y en las condiciones en que este la cosecha del grano como es el % de contenido de humedad y temperatura.

En casos extremos, el control de plagas con agentes químicos o biológicos es necesario. Bajo un adecuado control de estas practicas, un lote de granos puede ser almacenado varios años sin cambios importantes en su calidad original (Othon 1996).

Factores a tener en cuenta para un buen almacenamiento (López):

- Guardar los granos sanos, limpios y secos, entiéndase por:  
Sano: Que no hayan granos con ataques de insectos, hongos, roedores u por otras causas.
- Limpio: Libre de basuras, pedazos de hojas, tallos y otras partes de la planta, así como de tierra y piedras.
- Seco: Que el contenido de humedad de los granos no exceda al 13-14% y no permita el desarrollo de hongos durante el almacenamiento. El grano debe ser duro a la presión de las uñas y al morder con los dientes.
- Contar con local apropiado para guardar los granos, y la construcción debe ser apropiada:
  - Al tipo de grano que se quiere guardar.
  - A la forma que se desea guardar (desgranado o como es cosechado).
  - A la cantidad de grano que se desea almacenar.

Almacenar granos, no significa guardarlo en cualquier lugar antes de su utilización. Para poder almacenar los granos, es necesario contar con una serie de elementos que nos permitan garantizar una buena conservación, como materiales y equipos apropiados para su cosecha, transporte, limpieza, secado, locales adecuados para su almacenamiento y vigilancia constante (Castillo,1980).

## **Reglas de almacenamiento**

En el almacenamiento de granos debe tener presente lo siguiente (Facio y Dávila):

- a) El almacenamiento no mejora la calidad del grano pues el proceso de deterioro es inexorable. En consecuencia, sí hay necesidad de almacenar grano por un período largo de deben seleccionar aquellos lotes que tengan la mejor calidad.
- b) El contenido de humedad de los granos es función de la HR y en menor escala de la temperatura del aire.
- c) La humedad y la temperatura del grano son, en ese orden, los factores más importantes del almacenamiento.
- d) Un ambiente seco, frío y limpio proporciona las mejores condiciones para almacenar la gran mayoría de las especies.
- e) El potencial de almacenamiento depende de la especie o variedad.
- f) Los lotes de grano de alta calidad tienen un mayor potencial de almacenamiento que los lotes de baja calidad. Los granos

dañados, inmaduros y mal formados se dañan fácilmente durante el almacenamiento. Se debe evitar el almacenamiento temporal de grano que tenga muchas impurezas.

- g) Es muy importante llevar registros del inventario y de la calidad de los lotes, de la temperatura y la humedad dentro del cuarto de almacenamiento y de las fechas de fumigación.
  
- h) Las condiciones de limpieza y sanidad adecuadas son esenciales por que facilitan el control de insectos, aves y roedores.

### **Elementos Esenciales de una Bodega**

Existe dentro de una empresa una comisión de técnicos especialistas para seleccionar el tipo de instalación que funcione como centro de almacenaje. Esta agrupación tiene la comisión de coordinar una serie de actividades necesarias para la captación del producto ha almacenar que implica los siguientes puntos (Almacenadora Gamesa):

- a) Primordialmente la bodega debe estar aseada totalmente, tanto en el interior como en el exterior; una de las actividades a realizar es que los pisos estén barridos perfectamente, así como los muros cepillados lo mejor posible, poniendo especial atención en muros de superficies sin pulir, como se muestra en la Figura 2.1



Figura 2.1 Condiciones adecuadas de limpieza internas y externas en un almacén de Penjamo, Gto.

- b) Es necesario supervisar la estructura metálica de los techos, que no retengan pequeñas capas de granos y polvo adheridas a ella, ya que representan una fuente de infestación por insectos. En caso de presentarse polvo o algún contaminante deberán ser removidos de la estructura con un cepillo, escoba. Otras instalaciones que se deben de supervisar son el transportador aéreo y subterráneo (bandas, canjilones, tornillo sinfín) como se observa en la Figura 2.2. todos los contaminantes y residuos encontrados deberán ser molidos y quemados lo mas pronto posible.



Figura 2.2 transportador aéreo de grano

- c) En cuanto a las bodegas mecanizadas, la rampa tanto en la superficie como en la parte inferior, así como en la fosa de recepción del grano requieren estar aseadas correctamente (Figura 2.3); eliminando y quemando inmediatamente cualquier residuo de grano, basura y polvo.



Figura 2.3 Supervisión de limpieza de la rampa en la superficie y en el interior en la Barca, Jalisco

- d) Los muros deben ser pintados en el interior y exterior (Figura 2.4), en el caso de no ser posible, solamente serán encalados en su totalidad, además el color blanco nos ayuda a reflejar gran cantidad de radiación solar, lo que disminuye los incrementos de temperatura en el interior de la bodega.



Figura 2.4 Muro encalado después de haber sido limpiado en Penjamo, Gto

- e) Un aspecto de mucha importancia es la aplicación de insecticidas antes del almacenaje para establecimiento de cordones sanitarios. La finalidad es de tener una película residual de insecticidas que permanezca sobre la superficie tratada que toxique a los insectos que caminen sobre ella. La efectividad residual de la película disminuye con el transcurso del tiempo y dependerá del tipo de insecticida, de las condiciones climáticas y del tipo de superficie rociada.

El insecticida se debe aplicar en el interior y exterior de la bodega cubriendo pisos y paredes (Figura 2.5); si la bodega contará con instalaciones mecanizadas como es el sistema de transporte aéreo del grano también se deberá aplicar (Almacenadora Gamesa)



Figura 2.5 Aplicación del insecticida en pisos y paredes del almacén en Santana Pacueco, Gto

## **CONDICIONES ELEMENTALES PARA ALMACENAR**

### **Condiciones climáticas**

Las condiciones de las zonas geográficas para la ubicación de bodegas almacenadoras de grano deben de estar situadas en lo posible, en zonas de poca precipitación pluvial con temperaturas templadas y evitando zonas bajas o de proximidad a ríos y lagos, así como terrenos arcillosos o mal drenados. Un punto importante es la orientación de la bodega, esta debe estar orientada de este a oeste para evitar el calentamiento de las paredes y así evitar el calentamiento del grano. Todas estas condiciones son importantes dentro de la conservación del grano ya que tienen una influencia directa con los factores bióticos y abióticos del deterioro del grano.

(<http://www.fao.org/docrep/x5041s/x5041S05.htm>)

### **Clima**

El clima se puede estudiar desde el punto de vista geográfico y su influencia en la agricultura, flora y fauna. El clima es influenciado por las masas de aire, dirección y velocidad de los vientos, así como su comportamiento estacional que variara año con año. Los factores y elementos del clima son: la latitud geográfica, altitud, temperatura, humedad, velocidad del aire y de otros de menor importancia (Papadakis, 1980 y Miller, 1982).

Koppen (1948) define al clima como el estado medio y proceso ordinario del tiempo de un lugar determinado, ya que el tiempo cambia, pero el clima se mantiene constante, así mismo considera una segunda definición del clima:

“la suma total de las condiciones atmosféricas que hacen un lugar de la superficie terrestre mas o menos habitables para los seres humanos, animales y plantas”.

García (1981) describe cinco grupos de climas y sus divisiones correspondientes, constituyendo once tipos de climas:

- A. Una zona tropical lluviosa, sin invierno.
- B. Dos zonas secas incompletas.
- C. Dos zonas templadas, sin una capa de nieve regular.
- D. Una zona boreal de nieve y bosque con verano e invierno, ambas zonas presentan en forma marcada.
- E. Dos zonas polares con clima de nieve y fuera del límite de la vegetación arbórea.

Las zonas de México están representadas por los grupos de climas A, B y C; los climas D no existen en un país tropical como el de México y los climas E se encuentran solo en áreas muy reducidas. A continuación se describen estos climas según García (1981).

Climas A. (tropicales lluviosos, con temperatura media del mes mas frio, mayor de 18° C), se extienden a lo largo de la vertiente mexicana de

ambos mares. En el pacífico desde el paralelo 24 hacia el sur y abarcan desde el nivel del mar hasta unos 800 a 1000 msnm. Por el lado del Golfo de México comprenden desde el paralelo 23 norte hacia el sur a lo largo de la llanura costera y de la base de los declives correspondientes de la Sierra Madre oriental y de las montañas del norte de Chiapas.

Climas B. (secos), estos climas existen en la región septentrional, son amplias regiones con climas áridos (BW) se localizan en la parte norte de la altiplanicie Mexicana a altitudes menores de 1500 msnm, así como en la porción de la llanura costera del pacífico situada al norte del paralelo 25 norte y en las zonas litorales de la península de baja california. Los climas esteparios (BS) se encuentran bordeando a los (BW) en la parte norte de la altiplanicie y en los declives de la sierra Madre Occidental que se elevan de la llanura costera del pacífico al norte del paralelo 23 norte y en la porción central y noroeste de la península de baja california, además se extienden en las zonas interiores del centro y sur del país que se encuentran menos expuestas a la influencia de los vientos húmedos del mar. En estos climas existen dos grupos de escasez de lluvias, los climas desérticos (BW), casi sin lluvias y los climas esteparios (BS), donde la temporada húmeda es corta y permite el desarrollo de una vegetación que en su estado natural produce el sustento de rebaños herbívoros.

En este grupo se realizaron ciertas modificaciones, los cuales son: en los climas de estepa (BS), la vegetación no corresponde a la dominante en los climas (BS) de México, donde ordinariamente no hay estepas, sino que la vegetación consiste en asociaciones muy diferentes de cactáceas, matorrales espinosos o inermes, etc., mientras que los climas desérticos (BW) lo denominan como climas muy áridos o muy secos, por que los verdaderos desérticos son lugares deshabitados y pueden no corresponder precisamente a las zonas áridas, sino que pueden existir en otros climas.

Climas C. (templados lluviosos, con temperatura media del mes más frío entre -3 y 18° y la del mes más caliente mayor de 10°C), estas zonas se localizan en las montañas o llanuras de altitud superior a 800 ó 1000 msnm lugares donde la temperatura media de un mes, por lo menos, desciende por debajo de 18°C.

Climas E. (fríos con temperaturas media del mes mas caliente menor de 10°C), estos climas se encuentran en áreas muy reducidas correspondientes a las partes mas altas de las grandes montañas del centro del país, donde la temperatura media del mes mas caliente, desciende por debajo de los 10°C.

### **El clima y su relación con el almacenamiento**

La humedad y temperatura son los dos elementos del clima mayor importancia en el manejo del grano. Esto influye en la conservación del grano ya que favorece el desarrollo de insectos y hongos que lo dañan si sus niveles se exceden. La temperatura del aire es una medida fundamental e indirecta de la humedad atmosférica, además de la relevancia que tiene en la conservación (Barradas, 1987).

Jamieson y Jobber (1974) reportan que hasta la fecha no existe ninguna clasificación climática satisfactoria para las necesidades específicas del almacenamiento y conservación de los granos. El técnico almacenista esta más interesado en la presencia y efectos de la temperatura y humedad relativa del aire, los cuales están relacionados a las condiciones climáticas exteriores. También mencionan que desde el

punto de vista del almacenamiento, un clima fresco y seco es ideal, reduciendo la actividad biológica de los insectos.

### **Humedad de equilibrio**

Conocer cuáles son los mecanismos de transferencia entre los granos y el aire que las rodea es de vital importancia, pues ayuda a tomar decisiones sobre las operaciones de almacenamiento. Las granos son higroscópicas y absorben o liberan humedad, dependiendo del ambiente donde se les coloque y su contenido de humedad final se estabiliza cuando estas se exponen a un ambiente específico por un período de tiempo determinado, lo cual se conoce como "humedad de equilibrio".

Esta depende del tipo de granos, de la temperatura y la humedad relativa (HR) del aire circundante. Si el contenido de humedad del grano es alto, mayor que el de la humedad de equilibrio para un ambiente dado, el grano liberará humedad al ambiente; si por el contrario es menor, entonces absorberá humedad del aire. Está demostrado que cuando la HR del aire supera 75%, el contenido de humedad de los granos se incrementa rápidamente; en cambio en climas secos donde la HR no sobrepasa ese límite, sus cambios afectan poco el contenido de humedad de los granos.

<http://www.jccm.es/edu/ies/cperezpastor/dptos/fq/matcien/humedad.htm>

### **Contenido de humedad de equilibrio**

Cuando un grano se encuentra durante un tiempo suficientemente prolongado en un ambiente con determinada humedad relativa y

temperatura, adquiere un contenido de humedad en equilibrio con dicho ambiente, es decir, no absorbe ni pierde agua, mientras el ambiente, por supuesto, no varíe su humedad y temperatura (Dubois, 1987)

Un maíz secado en forma natural (que no pasó por secadora alguna) puede tener un contenido de humedad de equilibrio de 0,5 a 1 % superior al mismo maíz que fue cosechado húmedo y debió ser secado artificialmente. Así, es muy posible que, colocados en el mismo ambiente, el primero tenga por ejemplo 14,5% de humedad y el segundo, sólo 13,8%. Esto se debe a cambios en la composición del grano, sobre todo cuando éste alcanza una temperatura superior a 60°C (Marsans, 1984)

Los granos que tienen un alto contenido de aceite, como soya y girasol, absorben menos agua que granos en los que predomina endospermo harinoso, como maíz y trigo, para un mismo ambiente. Absorben menos agua, pero la tienen más concentrada en menor volumen de grano, pues el aceite y el agua no se mezclan. Por este motivo, esos granos oleaginosos deben ser conservados en los almacenamientos a menores contenidos de humedad.

[www.fastonline.org/CD3WD\\_40/INPHO/VLIBRARY/X0028S/ES/X0028S02.HTM#10.%20CONTENIDO%20DE%20HUMEDAD%20DE%20EQUILIBRIO](http://www.fastonline.org/CD3WD_40/INPHO/VLIBRARY/X0028S/ES/X0028S02.HTM#10.%20CONTENIDO%20DE%20HUMEDAD%20DE%20EQUILIBRIO)

## **Temperatura**

La importancia de la temperatura radica en su efecto sobre los factores biológicos como los microorganismos e insectos. Mientras más alejada sea la temperatura del óptimo de su desarrollo mas seguro será el almacenamiento (Guzmán, 2005)

La temperatura baja es mejor para almacenar el grano, ya que los microorganismos no crecen a bajas temperaturas

Si la temperatura externa del almacén, la temperatura interna de este puede incrementar, particularmente si el almacén no tiene sombra o esta hecho de metal (Lindbland, 1979).

El clima que rodea al grano es afectado principalmente por la temperatura del ambiente que lo rodea Hill (1983), menciona que ésta temperatura cambia de acuerdo a los efectos de la radiación solar y dependiendo de los materiales de construcción del almacén, la variación será más o menos pronunciada. En climas calientes, la temperatura de algunas bodegas puede alcanzar niveles muy altos, afectando el grano.

El contenido de humedad del grano también se incrementa cuando aumenta la temperatura, siempre y cuando la HR permanezca estable. Pero cuando la temperatura del aire se calienta, los granos disminuirán su humedad de equilibrio; por ejemplo, granos de arroz en una HR de 70% y una temperatura de 15 °C, tendrán una humedad de equilibrio de 13,8%, pero si se aumenta la temperatura a 25 °C a la misma HR, la capacidad de retención de agua de ese ambiente también aumenta y la humedad de equilibrio del grano en ese ambiente disminuye a 13,3%. No obstante, hay que señalar que la temperatura y la HR actúan en forma independiente, por lo tanto si una aumenta hay que disminuir la otra (Miranda, 2004)

## **PREPARACIÓN DEL GRANO PARA ALMACENAR**

### **Métodos de limpieza**

La limpieza de los productos agrícolas es una práctica adoptada hace miles de años y que poco ha cambiado desde entonces, pues en la actualidad se utilizan los mismos principios mecánicos. No obstante que las máquinas modernas permiten una buena limpieza de los productos, poseen un rendimiento bajo, lo que muchas veces limita la recepción de éstos en las grandes unidades de almacenamiento.

En el medio rural, los sistemas de limpieza son bastante rudimentarios; por lo general, las impurezas se separan por medio del viento, utilizando cernidores manuales; ocasionalmente equipos más complejos, como máquinas con sistemas de aspiración de aire y juego de mallas o zarandas. En las unidades almacenadoras o en las grandes propiedades agrícolas, donde se requiere limpiar grandes cantidades de granos, se utilizan máquinas de limpieza con sistemas de aspiración de aire y zarandas. Estas máquinas tienen una alta capacidad para una eficiente limpieza, pero su operación es relativamente compleja (Teixeira, 1993).

## Sistemas y equipos

Existen varios sistemas para la limpieza de los granos. Los más utilizados, tanto en pequeñas como en grandes propiedades son:

- limpieza con viento
- limpieza con zarandas manuales
- limpieza con ventilador
- limpieza con zarandas cilíndricas rotativas
- limpieza con ventilador y zarandas.

**Limpieza mediante el viento.** Uno de los métodos más simples y antiguos de limpieza de granos es aquél que utiliza el viento. Este método es muy utilizado en la actualidad por los pequeños productores rurales, que tienen un bajo poder adquisitivo.

Este sistema consiste en levantar los granos a una determinada altura, dejándolos caer para que el viento separe las impurezas más livianas, como polvo, hojas, granos vacíos, etc. Este método de limpieza tiene el inconveniente de que no elimina las impurezas o materias extrañas más pesadas, como arena, piedras, terrones etc., que caen junto con los granos (Figura 4.1).



Figura 4.1 limpieza del grano con ayuda del viento

**Las zarandas manuales.** Son muy utilizadas porque permiten la limpieza de pequeñas cantidades de productos de manera muy eficiente y pueden ser construidas fácilmente por los propios agricultores. Estas características permitieron su difusión en casi todos los países del mundo.

La capacidad de limpieza con las zarandas manuales es del orden de 120 a 180 kg por hora de trabajo. Tiene la desventaja de ser una operación de bajo rendimiento y de exigir gran esfuerzo físico y habilidad del operador. Por esta razón, la técnica es penosa y perjudicial para la salud, pues el trabajador permanece en constante contacto con la polución causada por el polvo (Figura 4.2).



Figura 4.2 limpieza con zarandas manuales

**Limpieza con ventilador.** El uso de ventiladores para la limpieza de los granos está bastante difundido en algunos países. Consiste básicamente en un ventilador que produce un flujo de aire, el que realiza la separación de las impurezas del producto. Esta separación se efectúa a base de las diferencias de la velocidad terminal de las impurezas y de los granos.

Este sistema de limpieza sirve para eliminar impurezas livianas, tales como polvo, hojas, tallos, ramillas, etc., y se recomienda para la limpieza de maíz, arroz y frijoles a nivel de pequeños productores.

La limpieza se lleva a cabo haciendo pasar una corriente de aire por los granos; las impurezas más livianas son lanzadas fuera de la máquina por la acción del aire del ventilador. Cuando el producto contiene muchas impurezas pesadas, como terrones y arena, no es posible con este método realizar una buena limpieza.

El ventilador está constituido por una caja con forma de caracol, en cuyo interior existe un rotor formado por un conjunto de paletas o aspas dispuestas en círculo, que al ser accionadas en forma manual o mecánica generan una corriente de aire.

El producto se coloca en la tolva superior, que es un depósito en forma de "V", con una pequeña abertura en la parte inferior, provista de una válvula o compuerta mediante la cual se regula la cantidad de producto que entra a la limpiadora. Al pasar el producto por la corriente de aire se separan las impurezas livianas y cae el producto limpio en el colector (Figura 4.3).

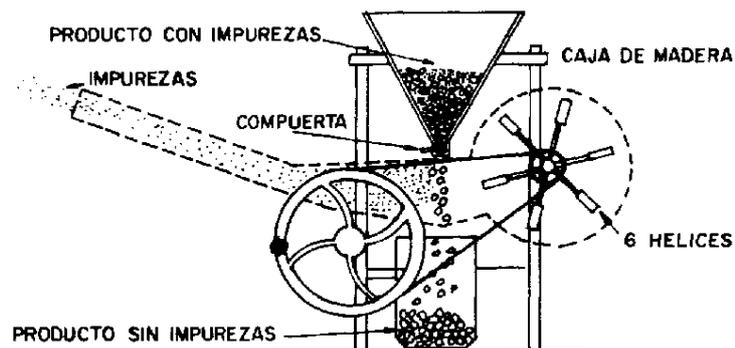


Figura 4.3 limpieza de grano con ventilador

**Limpieza con mallas cilíndricas.** Las máquinas de limpieza con mallas cilíndricas rotativas son muy utilizadas en las grandes haciendas, debido a

su gran capacidad para limpiar y porque requieren baja potencia para su funcionamiento. Están constituidas básicamente por dos mallas cilíndricas, colocadas una dentro de otra. La malla interior tiene forma de cono, para que los granos se deslicen cuando se opera el equipo a una velocidad más baja.

Durante su funcionamiento, los granos entran por la malla interna que posee orificios más grandes que los granos, lo que permite que el producto pase y se retengan las impurezas mayores.

La malla externa posee orificios menores que retienen los granos y permiten el paso de las impurezas menores. Normalmente, estas máquinas poseen un sistema que permite sustituir a las mallas, lo que permite la limpieza de diferentes productos (Figura 4.4).

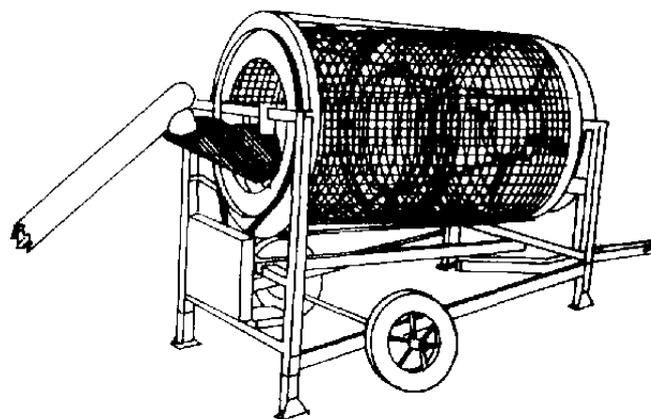


Figura 4.4 maquina con mallas cilíndricas

**Limpieza en máquinas con aire y zarandas.** Las máquinas de limpieza con ventilador y zarandas constituyen el sistema más eficiente para la limpieza de los granos. Estas máquinas se utilizan cuando se requiere una limpieza más eficiente del producto. Para separar las impurezas utilizan un ventilador y un conjunto de zarandas.

Estas máquinas pueden ser utilizadas en la operación de pre-limpieza para eliminar parte de las impurezas de los granos, o en la operación de limpieza, después del secado. La diferencia entre máquinas de limpieza y pre-limpieza está determinada básicamente por la eficiencia de la separación.

Las máquinas de limpieza tienen ventiladores más potentes, o un mayor número de zarandas con orificios, cuya dimensión se aproxima más al tamaño de los granos, lo que permite realizar una limpieza más eficiente.

Por lo general, las máquinas con ventilador y zarandas están constituidas por un depósito o alimentador, un sistema de aspiración de polvo (que se encuentra a la entrada o salida del producto) un conjunto de zarandas intercambiables y un dispositivo para producir la vibración u oscilación del conjunto de zarandas (Figura 4.5) (Teixeira, 1993).

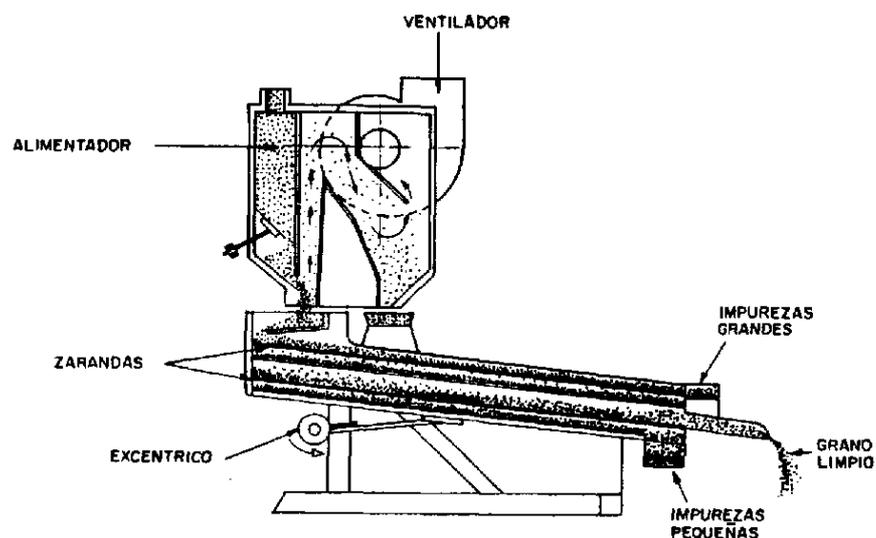


Figura 4.5 Máquina de aire zarandas

## **Importancia del secado**

El secado es un proceso de gran importancia en la cadena de producción de alimentos, ya que el contenido de humedad es, sin duda, la característica más importante para determinar si el grano corre el riesgo de deteriorarse durante el almacenamiento.

El secado se realiza principalmente para reducir el contenido de humedad de los granos hasta un nivel seguro que impida el crecimiento de los microorganismos, y evitar las reacciones de deterioración que hagan perder su calidad nutritiva, físicas y sanitarias.

Una definición clara y completa de lo que es el secado puede ser la siguiente: "es el método universal de acondicionar los granos por medio de la eliminación del agua hasta un nivel que permita su equilibrio con el aire ambiente, de tal forma que preserve su aspecto, sus características de alimentos y su calidad nutritiva" (Márquez, 1993).

El secado de granos frecuentemente es el eje del proceso integral de cosecha-secado-almacenamiento. El método de secado generalmente es el principal factor que determina la selección de otros componentes del sistema de manejo de granos. En los países en desarrollo, los métodos disponibles para secar los productos agrícolas a nivel del agricultor están limitados, la mayoría de las veces, al uso de una combinación de radiación solar y el movimiento natural del aire ambiente: o sea, el secado natural. Otros métodos de secado son, en cierto modo, complejos y requieren de una mayor experiencia y esfuerzo de parte del agricultor; éstos corresponden al secado artificial.

Los métodos para el secado artificial de granos se dividen, de una manera general en dos clases principales: aquella en la que el grano se seca por lotes y aquella en que el grano se seca por medio de un flujo continuo. Los métodos de secado se deben elegir en función del clima, economía y circunstancias sociales bajo los cuales van a ser empleados. Esto es especialmente importante cuando existen métodos que ya han sido empleados desde hace mucho tiempo por los agricultores de una comunidad. Los métodos alternativos no pueden ser recomendados sin una investigación previa de todas las posibles consecuencias, ya sea positiva o negativa, para los agricultores.

[www.fastonline.org/CD3WD\\_40/INPHO/VLIBRARY/X0027S/ES/X0027S05.HTM](http://www.fastonline.org/CD3WD_40/INPHO/VLIBRARY/X0027S/ES/X0027S05.HTM)

El secado de granos se puede definir de distintas maneras, según el enfoque que se desee adoptar. En los estudios más teóricos se pone el énfasis en los mecanismos de transferencia de energía y de materia. Así, el secado se puede definir como un proceso en que hay intercambio simultáneo de calor y masa, entre el aire del ambiente de secado y los granos. En cambio, en los casos generales, se define el secado como la operación unitaria responsable de la reducción del contenido de humedad de cierto producto, hasta un nivel que se considera seguro para el almacenamiento de este.

El secado 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 de los mismos. Cada sistema de secado y cada tipo de grano tienen sus problemáticas particulares. A continuación, se resumirán los principales aspectos para tener en cuenta en cada caso.

a) Secado con aire natural

Se debe lograr secar el grano antes de que comience a deteriorarse. El aire debe tener una humedad relativa (HR) inferior al 70%. Para que el contenido de humedad del grano en equilibrio con el aire a esa HR no exceda el 14% para la aireación y para el secado con aire natural es muy importante tener en cuenta las tablas de humedad de equilibrio para cada grano, con respecto a la humedad relativa del aire y poder calcular el contenido de humedad si esta a un nivel seguro de almacenamiento el grano respectivo.

b) Secadoras con temperatura artificial

Normalmente, las secadoras estáticas se hallan en el campo de los productores y tienen poca capacidad, alrededor de 5-7 ton ha<sup>-1</sup>. Se recomienda que estos sistemas posean roscas mezcladoras. Estas tienen la función de homogeneizar la humedad del grano en el interior del silo, pero son más útiles cuando la temperatura de secado es baja (sólo unos grados por encima de la temperatura ambiente). En caso de sistemas que funcionen a alta temperatura (40° o más), es conveniente utilizar roscas (transportadores helicoidales) extractoras que vayan «barriendo» la capa más seca de granos de la parte inferior del silo. En estos casos, el sistema puede funcionar como seca-aireación, ya que el grano sale caliente (40-60 °C) y debe ser enfriado en otro silo. La condensación de vapor de agua en la parte superior es uno de los principales problemas de estos sistemas, y en la mayoría de los casos sólo puede ser solucionado colocando extractores de aire. Además de este sistema, existen otros que son dinámicos, siendo los más comunes los de flujo cruzado y flujo mixto.

En el primero, el grano fluye de manera perpendicular al flujo del aire, mientras que en el flujo mixto, el aire fluye de tres formas dentro de la masa de granos: los acompaña, los atraviesa y va en contra de ellos, dando como resultado un secado más homogéneo de toda la masa de granos.

[http://www.elrural.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=320&Itemid=28](http://www.elrural.com/index.php?option=com_content&view=article&id=320&Itemid=28)

### **Acondicionamiento**

Se entiende por acondicionamiento de granos, al conjunto de operaciones a que son sometidos estos, desde su cosecha hasta su almacenamiento, para mejorar su naturaleza física y biológica de tal manera que garantice la conservación de su calidad, hasta el momento de su consumo.

La condición en que los granos o semillas se almacenen, determina en gran parte su grado de conservación por intervalos cortos y largos de almacenamiento. A mejor condición inicial de grano mayor será su conservación y menores las pérdidas.

Las condiciones que debe tener el grano para cumplir con un buen almacenamiento y conservación son las siguientes el grano debe estar limpio, libre de impurezas o basura, con una humedad adecuada dependiendo del cultivo y estar sano no tener infestaciones de organismos (Ramírez, 1966)

## **CARACTERISTICAS DEL GRANO PARA ALMACENAR**

El grano debe cumplir ciertas características para poder ser almacenado y se conserve en buenas condiciones durante mucho tiempo, debe estar limpio de impurezas, tener una humedad óptima dependiendo del tipo de grano para no tener problemas durante el almacenamiento y estar libre de organismos bióticos que pueden dañar el grano.

### **Impurezas de los granos almacenados**

Las impurezas que normalmente se encuentran en los productos agrícolas, por lo general son fragmentos provenientes de la propia planta, como rastrojos, hojas, trozos de granos, ramas, pajas, etc.

Asimismo, existen otras impurezas que no provienen de la propia planta, a las cuales se les denomina materias extrañas y que generalmente están constituidas por semillas silvestres, parte de otras plantas, además de terrones, arena, piedras, etc.

Las impurezas presentes en los productos agrícolas son consecuencia del descuido durante el cultivo, principalmente en el control de malezas y de los métodos utilizados para la cosecha. Con un poco de cuidado durante la cosecha es posible evitar el corte de partes innecesarias de la planta, lo que disminuye la cantidad de impurezas en el producto cosechado. Cuando la cosecha es mecanizada, es necesaria regular bien la cosechadora para obtener un producto más limpio.

La limpieza del producto en las unidades almacenadoras se realiza, por lo general antes de pasar los granos por la secadora. Esta operación, se denomina "pre-limpieza", deja un máximo de 2 por ciento de impurezas, facilita el secado, economiza tiempo y combustible, y disminuye el riesgo de incendios en la secadora.

Después del secado se puede continuar eliminando las impurezas hasta que su contenido sea del 0,5 por ciento como máximo. Esta última operación se llama "limpieza" propiamente este permitirá una mejor conservación del producto durante el almacenamiento (Genel, 1993).

### **Métodos para determinar el contenido de impurezas**

La determinación del contenido de impurezas de un producto se realiza a través de una muestra de granos. Esta determinación es importante porque proporciona información sobre las condiciones para el almacenamiento del producto. Los métodos que se emplean pueden ser manuales o mecánicos.

#### **Método mecánico**

El método mecánico para la determinación de impurezas consiste en pasar una muestra del producto por una pequeña máquina de limpieza. Esta máquina separa las impurezas más livianas utilizando una corriente de aire y usa un juego de zarandas para retirar las más pesadas. Por tratarse de un método mecánico, evita los errores que puedan ser

cometidos por el operador y realiza una mejor separación de las impurezas del producto (Sauza, 1993).

Para determinar el contenido de impurezas por este método se procede de acuerdo con los siguientes pasos.

- Pesar una muestra de 500 g.
- Escoger una zaranda de acuerdo con el producto.
- Regular la velocidad del aire para la separación de las impurezas livianas.
- Encender la máquina colocando la muestra en el depósito y el agitador.
- Pesar las impurezas contenidas en el cajón de impurezas.
- Determinar el porcentaje de impurezas presentes en el producto por medio de la fórmula.

### **Temperatura del grano**

Durante el almacenaje en zonas tropicales existen dos razones por las cuales cambia la temperatura del grano importado. Ya sea que el grano llegó más fresco que las condiciones ambientales existentes y poco a poco se está calentando para balancearse con esas condiciones, o el grano se está calentando de manera interna.

Se puede descubrir la razón del cambio al observar el patrón de cambio de las temperaturas dentro de la masa. La tasa de respiración y deterioro del grano por encima de los límites del umbral para el

crecimiento de moho depende de la temperatura y contenido de humedad del grano. Cada aumento de 10 °C en la temperatura del grano a nivel normal de humedad, causa un aumento en la tasa de respiración y deterioro por un factor de tres.

Existen gradientes de temperatura cuando la temperatura del grano en una parte de la masa es distinta de la de otra. Como el grano no es buen conductor de calor se pueden encontrar enormes diferencias de temperatura en sólo pocos centímetros de grano.

Ciertos gradientes de temperatura se producen cuando se calienta una parte de la masa del grano, o cuando se juntan en el mismo depósito granos de dos temperaturas extremadamente diferentes. Estos gradientes también ocurren cuando se introduce grano frío en un depósito de metal en clima caliente.

En este caso, se calientan primero las superficies de arriba y de afuera, y la temperatura va aumentando hacia el centro de la masa. A corto plazo este tipo de gradiente no es peligroso para la calidad del grano porque la humedad normalmente tiene la tendencia de moverse hacia las áreas más frescas, las cuales están protegidas de cualquier deterioro por sus temperaturas más bajas. Sin embargo, el tipo de gradiente opuesto al anterior existe cuando el grano está más caliente que la temperatura ambiental y esto frecuentemente promueve deterioro en unas semanas (Arias, 1993).

La temperatura es un factor decisivo para el desarrollo de todos los organismos y su efecto guarda relación con la cantidad de humedad

ambiente. La cantidad de humedad existente en la atmósfera disminuye a medida que sube la temperatura. Cuando mas baja es la temperatura existente en los granos mayor es su influencia retardadora sobre la intensidad de la respiración (Ramayo, 1983).

Para la buena conservaron de los granos es importante conocer durante todo el periodo de su almacenamiento las posibles fluctuaciones de la temperatura que se tenga en la masa de los mismos, ya que es un índice que nos indica un posible deterioro (Gil, 1970).

[http://www.cd3wd.com/cd3wd\\_40/INPHO/VLIBRARY/X0041S/ES/X0041S04.HTM](http://www.cd3wd.com/cd3wd_40/INPHO/VLIBRARY/X0041S/ES/X0041S04.HTM)

### **Humedad del grano**

La humedad en los granos es la cantidad de agua que contiene en su interior.

Los granos tienen cierta humedad en su interior, aunque no parece estar húmedo a simple vista. Se puede saber si esta húmedo al quebrarlo con los dientes. El grano húmedo nunca esta húmedo por que el agua en su interior lo humedece y lo mantiene blando.

Cuando la humedad del grano disminuye durante el secado, el grano se endurece. El grano retiene distintas cantidades de agua en diferentes etapas: la cantidad de humedad del grano depende principalmente de las condiciones ambientales en que se cosecha.

Es importante notar que algunos granos pueden contener más humedad que otros cuando son cosechados (Cuadro 5.3), por ejemplo: nuevas variedades de arroz deben cosecharse antes de secarse demasiado o de lo contrario se degradaran. Tanto el maíz como el arroz pueden ser cosechados cuando el contenido de humedad de la semilla este alrededor del 20%. Sin embargo, el maíz puede dejarse secar en el campo; no así el arroz que se debe cosechar inmediatamente (Druben, 1996).

Cuadro 5.1 Humedad de los granos de cosecha

Cultivo	Humedad de recibo para la comercialización (%)	Humedad óptima para almacenaje por 1 año (%)
Arroz	14	13
avena	14	13
Girasol	14	11
Maíz	14.5	13
Soja	13.5	13
Sorgo	15	13
Trigo	14	13.5

[http://www.agroimpulso.com.ar/agronomos/agricultura/humedad\\_de\\_los\\_granos\\_de\\_cosecha.htm](http://www.agroimpulso.com.ar/agronomos/agricultura/humedad_de_los_granos_de_cosecha.htm)

Cuando el grano presenta altos contenidos de humedad, esto produce una humedad relativamente alta en el aire entre los granos, lo que permite el crecimiento y respiración acelerada del moho.

Por cada punto de porcentaje de humedad mayor del 14% aumenta la tasa de la respiración y deterioro del grano por un factor de

aproximadamente dos, al tomar en cuenta el rango de temperatura normal que se encuentra en los depósitos de almacenaje en el trópico.

La humedad puede emigrar y concentrarse en un área de la masa del grano. La humedad se mueve en forma de vapor por gradientes de presión del vapor producidos por las diferencias en la temperatura de una parte de la masa a otra.

Otra manera de movimiento de la humedad puede ser causada por corrientes de aire impulsadas por el viento o por efectos de chimenea. Normalmente en los climas tropicales la migración de humedad es causada más probablemente por los siguientes factores:

### **Aireación**

El proceso de aireación mal controlado probablemente causa la acumulación de humedad en partes de la masa del grano. Ejemplos de un proceso de aireación mal controlado incluyen airear grano fresco con aire tibio y húmedo, o mantener el grano a temperaturas más altas que la temperatura promedio ambiental, aireándolo sólo durante las horas calientes del día.

### **Puntos calientes**

Cuando el moho empieza a crecer rápidamente en un área de la masa del grano, produce calor que aumenta la temperatura del grano y

produce «focos calientes.» Las corrientes de aire caliente que van ascendiendo llevan la humedad producida por el deterioro a lo largo de gradientes de concentración a las áreas más frescas del grano.

## **Sanidad del grano**

Los insectos, los hongos y los roedores principalmente en el campo son los agentes bióticos que con más frecuencia dañan los productos almacenados. Además de los perjuicios directos, las plagas contaminan el grano con excremento, orina, telarañas, residuos corporales varios olores desagradables.

### **Insectos**

Existen más de seis millones de especies de insectos. Los cereales sirven de alimento a más de 300 especies, aunque solo 20 a 30 de estas son plagas que deterioran los granos almacenados (Metcalf, 1977).

Los climas templados/fríos inhiben la actividad de los insectos, mientras que las zonas tropicales y subtropicales son el hábitat preferido por la mayoría de estos organismos, pues en ellas encuentran todos los elementos para vivir: alimento, condiciones de humedad relativa favorables y temperaturas cálidas y amables durante todo el año. La mayoría de los insectos tiene la capacidad de invernar y causar daños en las estaciones del año que favorecen su biología.

Los insectos son culpables directos de los principales pérdidas de los cereales en el mundo pues aparte de lo que comen, contaminan granos y productos procesados con las heces fecales, ácido úrico, telarañas fragmentos corporales. Algunos, inclusive, atacan y dañan el material de empaque y hasta las propias estructuras de las bodegas (Wong, 1987).

De acuerdo con sus hábitos y características existen plagas primarias y secundarias. Las primarias son más nocivas pues penetran, consumen y dañan al grano. Se alimentan principalmente del endospermo y del germen que son ricos en distintos nutrientes y además utilizan los granos como sitio ideal para ovipositar para el futuro desarrollo de sus larvas.

Las plagas secundarias son oportunistas ya que se sirven de granos dañados o bien de productos previamente procesados como las distintas clases de harinas. Las plagas primarias como la secundarias encuentran en el producto almacenado el lugar apropiado para cumplir con su ciclo de vida y de reproducción, tanto por el alimento existente como por las condiciones microclimáticas ideales de temperatura y humedad.

Es importante señalar que ambos tipos de plagas demeritan notablemente el poder de germinación de los granos, su calidad alimentaría y su calidad como materia prima para la industria alimentaría.

Por sus hábitos y preferencias alimentarias hay insectos que se conocen como monófagos y polífagos. Los primeros se alimentan de un

solo tipo de grano, mientras que los otros comen cereales diversos (Bulla 1977).

La biología, ecología y fenología de los insectos de almacén han sido tratadas adecuadamente por Baur (1992), Bulla, Kramer y Speirs (1978) y Cotton y Wilbur (1982). Enseguida se detallan la biología, hábitos y características de los principales insectos de almacén.

La gran mayoría de los insectos pertenece a los coleópteros, en esta misma clasificación se incluyen los gorgojos barrenadores y los escarabajos. La clase lepidóptero esta compuesta exclusivamente de palomillas. (Othon, 1996).

### **Clasificación de las plagas:**

#### **Plagas primarias:**

Figura 5.2 Palomilla dorada (*Sitotroga cerealella*)



<http://www.fumipac.com/images/Palomilla%20dorada%20de%20los%20cereales.jpg>

Figura 5.3 Palomilla india de la harina (*Plodia interpunctella*)



<http://www.oliverexterminatingpr.com/images/almacenados/palomilla.jpg>

Figura 5.4 Gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*)



<http://www.rentokil.es/i/maize-weevil.jpg>

Figura 5.5 Gorgojo del arroz (*Sitophilus orizae*)



<http://agspsrv34.agric.wa.gov.au/ento/pestweb/Images/riceweevil1deggesch.jpg>

Figura 5.6 Gorgojo del grano (*Sitophilus granarium*)



<http://www.rentokil.es/i/grain-weevil.jpg>

Figura 5.7 Barrenador primario de los granos (*Rhizopertha dominica*)



<http://www.zin.ru/ANIMALIA/COLEOPTERA/images/rhidomkm.jpg>

Figura 5.8 Gorgojo kaphra (*Trogoderma granarium*)



<http://images.google.com.mx/images?gbv=2&hl=es&q=Trogoderma+granarium>

Figura 5.9 Carcoma grande de los granos (*Tenebroides mauritanicus*)



<http://images.google.com.mx/images?q=Tenebroides+mauritanicus&gbv=2&hl=es&sa=2>

**Plagas secundarias:**

Figura 5.10 Gorgojo confuso (*Tribolium confusiom*)



<http://www.oliverexterminatingpr.com/images/almacenados/confuso.jpg>

Figura 5.11 Gorgojo castaño (*Tribolium castanum*)



<http://www.oliverexterminatingpr.com/images/almacenados/castano.jpg>

Figura 5.12 Gorgojo aserrado (*Oryzaephilus surinamensis*)



[www.plaguicontrol.com/Plaguicontrol\\_enciclopedia/ORYZAEPHILLUS\\_%20SURINAMENSIS.jpg](http://www.plaguicontrol.com/Plaguicontrol_enciclopedia/ORYZAEPHILLUS_%20SURINAMENSIS.jpg)

Figura 5.13 Gorgojo mercante (*Oryzaephilus mercator*)



<http://www.ento.csiro.au/aicn/images/cain1484.jpg>

Figura 5.14 Gorgojo plano del grano (*Cryptolestes pusillos*)



<http://www.ento.csiro.au/aicn/images/cain3324.jpg>

Figura 5.15 Gorgojo rojizo (*Cryptolestes ferrugineus*)



<http://agspsrv34.agric.wa.gov.au/Ento/pestweb/Images/crypto1degesch.jpg>

Figura 5.16 Gorgojo del molino (*Cryptolestes turcicus*)



## Plagas terciarias:

Figura 5.17 Gusano amarillo de la harina (*Tenebrio molitor*)



[http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/ceniaphoy/articulos/n11/imagen/vivas\\_l2\\_05.jpg](http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/ceniaphoy/articulos/n11/imagen/vivas_l2_05.jpg)

<http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/images/foto/tenebrio-molitor.jpg>

Figura 5.18 Gusano oscuro de la harina (*Tenebrio obscurus*)



<http://www.ipmimages.org/images/192x128/1233160.jpg>

<http://www.padil.gov.au/img.aspx?id=7364&s=l>

## Métodos para detectar insectos en el grano

La detección se puede hacer en el recibo de la mercadería cuando va entrando al almacenaje, o durante el período de almacenamiento.

En el momento de recibo, luego de la cosecha, se debe muestrear correctamente la mercadería. Puede observarse visualmente la contaminación por insectos (no es fácil) y se guarda la muestra para tenerla en observación. En ese período de observación se ve si emergen insectos.

En el momento de almacenamiento, se puede muestrear periódicamente y observar las muestras. Lo mejor es sacar las muestras con los granos en movimiento.

Una vez que tomamos las muestras se observan extendiendo las mismas sobre una superficie blanca (catre) y amplia que nos permita fácilmente detectar los insectos.

Otra forma es observando la temperatura de los granos almacenados, que nos pueden dar una orientación, ya que el desarrollo de insectos está siempre acompañado con liberación de calor. Un buen sistema de termometría instalado en los silos es de mucha utilidad.

Por otra parte debemos mencionar a las Trampas, que son muy eficientes para la detección de insectos en el granel (Calderon, 1990)

## **Medidas de control y preventivos**

### **Controles curativos**

En general se puede decir que los controles destinados a los granos almacenados son similares a los métodos empleados en los cultivos. Existen varios métodos de control: el legislativo, el mecánico, el físico, el químico y el biológico (que es muy poco usado).

## **Control legislativo**

Incluye la cuarentena y la sanidad. La cuarentena comprende las prohibiciones o restricciones impuestas al transporte de los granos almacenados que se suponen están infestadas por plagas. La sanidad se refiere a las medidas de higiene que se deben tomar para disminuir o eliminar los insectos. Tales medidas comprenden la cosecha en la época adecuada, la utilización de equipos desinfectados, la limpieza cuidadosa de los granos y de los depósitos, los almacenes bien tapados y a prueba de roedores y pájaros, y el cuidado de no mezclar productos de distintas cosechas.

## **Control mecánico y físico**

Incluye la humedad y la temperatura, el impacto, el almacenaje hermético, el transilaje, las envolturas resistentes a la penetración de insectos, los polvos abrasivos, la radiación y la resistencia del grano.

La humedad y la temperatura. La humedad y la temperatura son muy importantes en el control de plagas de los granos almacenados. Para los insectos, la principal fuente de humedad es la humedad inicial del grano.

Por ello, es importante almacenar los granos con contenidos bajos de humedad, que reducen la posibilidad de incidencia de insectos. Las bajas humedades y temperaturas limitan la sobrevivencia y la reproducción de muchos insectos.

El porcentaje mínimo de humedad en los granos, requerido para la reproducción de los insectos, es de 9 por ciento, pero es difícil alcanzarlo debido al equilibrio higroscópico del grano con el medio ambiente y, además, no es conveniente por la pérdida de peso de los granos.

Cuando la humedad aumenta del 12 al 15 por ciento, los insectos se desarrollan y se reproducen con mayor intensidad. Por encima de estos límites, predominan los ácaros y los hongos, y a mayores humedades prevalecen las bacterias.

La proliferación de los insectos puede provocar un aumento sensible en la temperatura de la masa de granos. El vapor de agua se desplaza y se acumula en la capa más fría de la superficie.

Para obtener un buen control, se necesita conservarlos a bajas temperaturas, a través de sistemas de aireación o transilaje, dentro de niveles económicamente aceptables.

La mayor parte de los insectos no se reproduce si se los mantiene a temperaturas inferiores a los 21°C o superiores a los 35°C por largos períodos de tiempo. Las temperaturas favorables a la reproducción están entre estos puntos, considerándose como ideal los 28°C.

## **El impacto**

El control de los insectos, a través del impacto, consiste en lanzar los granos por fuerza centrífuga contra una superficie, lo que mata los insectos en el exterior e interior de los granos. Los granos infestados se rompen y los insectos expuestos son retirados por aspiración. Este proceso sólo se usa en plantas industriales que procesan granos para consumo humano a gran escala.

## **El almacenaje hermético**

Consiste en no permitir que haya entrada del aire al interior del silo. Los granos e insectos consumen el oxígeno presente y lo sustituyen por el CO<sub>2</sub>, muriendo por asfixia.

## **El transilaje**

Consiste en pasar el grano de un silo a otro por medios mecánicos, lo que reduce la temperatura y dispersa la humedad acumulada en algunos puntos de la masa de granos. Hay que preocuparse de no transitar granos infestados. Cuando haya necesidad se podrá efectuar una fumigación antes del transilaje o durante él; este proceso sólo es aplicado en grandes instalaciones, dotadas de sistemas mecanizados de manejo del grano.

## **Los polvos abrasivos**

Los polvos abrasivos están basados en la remoción de la capa de cera de la cutícula del insecto, lo que le causa la muerte por deshidratación. Las sustancias más usadas son la sílica en jalea, el magnesio calcinado y las arcillas.

## **La radiación**

Existen varios modos de utilizar la energía radiante en el control de insectos. Se puede emplear la luz en trampas luminosas para atraer a los insectos y de esta manera disponer de una idea del grado de infestación.

## **El empleo de variedades resistentes**

El control de insectos mediante el empleo de variedades de granos resistentes a su ataque representa un método seguro y económico. Se considera variedad resistente la que, bajo condiciones iguales y gracias a su constitución genotípica, se daña en menor intensidad por el ataque de un determinado insecto que otra variedad menos resistente. Este sistema se usa principalmente para prevenir ataques de insectos en el campo (Dell Orto, 1993).

## Roedores

Los roedores causan pérdidas de alimentos consumiendo granos y contaminando todavía más de lo que consumen. Difunden también enfermedades que pueden transmitirse a las personas (Lima, 1979).

Son animales que pueden comer una gran cantidad de grano y ensuciarlo mientras se lo están comiendo. Son responsables de un porcentaje considerable de pérdidas después de la cosecha, por eso es necesario tomar medidas preventivas y curativas (Appert, 1993).

Tres especies de roedores son las que constituyen las plagas principales de los productos almacenados: *Rattus rattus* (rata negra) y *Rattus norvegicus* (rata parda), *Mus musculus* (ratón doméstico) (Bulla, 1977).

### Rata negra

Su vida media está en torno a los dieciocho meses, en libertad, mientras que en cautividad puede alcanzar varios años de vida (Figura 5.19)

La rata de campo está activa todo el año. Suele tener de tres a cinco camadas por año. La gestación dura de 17 a 21 días. Esta sexualmente activo a lo largo de todo el año.

La hembra puede parir de 5 a 16 ejemplares, aunque lo normal son 7 u 8, los que deposita la hembra en el interior de la madriguera o nido, donde acondiciona un lecho con restos de materia vegetal y pelo, naciendo desnudos, con los ojos cerrados, sin pelo y sin capacidad auditiva y pesando tan solo 5 ó 6 gramos.

Son precoces la hembra es activa sexualmente a las cinco o seis semanas. Los machos precisan unos días más para alcanzar la madurez sexual.

La alimentación esta condicionada a las disponibilidades alimenticias que encuentra, aunque siente predilección por los cereales y semillas, aunque no rechaza insectos y restos de materia vegetal.



Figura Adulto de rata negra

[www.history.stir.ac.uk/img/siteimages/RattusRattus.CopyrightDianneSutherland.Licensor](http://www.history.stir.ac.uk/img/siteimages/RattusRattus.CopyrightDianneSutherland.Licensor)  
[www.scran.ac.uk.jpg](http://www.scran.ac.uk.jpg)

## **Rata parda**

La rata de alcantarilla, rata china, rata noruega, guarén o pericote (nombre científico *Rattus norvegicus*) es una de las ratas más conocidas y comunes (Figura 5.20). Mide de 21 a 27 cm. de longitud, la cola tiene de 17 a 22 cm. y pesa de 280 a 520 g. El cuerpo es tosco y la cola cubierta

de escamas en anillo; el manto es gris oscuro en el lomo. El hocico es más romo y las orejas más cortas que las de la rata negra (*Rattus rattus*).

Es originaria del norte de China, desde donde se extendió al norte de Europa y a Norteamérica. Se ha adapta a cualquier hábitat excepto al desiertos y los glaciales. Comensal del los asentamientos humanos, prolifera especialmente en las grandes ciudades, en las alcantarillas bodegas y establos.

Tiene hábitos nocturnos y es muy hábil en el agua, aunque no es buena trepadora. Excava redes de túneles y cuevas. Es omnívora, aunque prefiere los cereales, huevos, carnes y animales pequeños. Su oído y olfato son excelentes. Las hembras tras 21 a 23 días de gestación paren 6 a 14 crías ciegas y sin pelo. Tienen de 2 a 8 camadas por año. Viven hasta 3 años. [http://es.wikipedia.org/wiki/Rattus\\_norvegicus](http://es.wikipedia.org/wiki/Rattus_norvegicus)



Figura Adulto de rata parda

<http://www.dkimages.com/discover/previews/976/50491469.JPG>

### **Ratón domestico**

Su vida media está en torno a los cuatro a seis meses, en libertad, mientras que en cautividad puede alcanzar varios años de vida (Figura 5.21). Como otros roedores está condicionado por la disponibilidad de alimento, aunque en menor medida en esta especie al vivir al amparo

humano, por lo que el ratón casero puede estar sexualmente activo todo el año. La gestación dura 19 ó 20 días (excepcionalmente 24).

La hembra puede parir de 3 a 10 ejemplares, aunque lo normal son 5 ó 6, los que deposita la hembra en el interior de la madriguera o nido, donde acondiciona un lecho con restos de papel o pelo, naciendo desnudos, con los ojos cerrados, sin pelo y sin capacidad auditiva y pesando tan solo 1 gramos.

La duración de la lactancia Entre 18 y 20 días, momento tras el que comienza su dispersión. Son precoces muy pronto la hembra es activa sexualmente a las cinco o seis semanas.

Los machos precisan unos días más para alcanzar la madurez sexual. La alimentación esta condicionada a las disponibilidades alimenticias que encuentra, aunque siente predilección por los cereales.



Figura Adulto de ratón domestico

[www.sierradebaza.org/Fichas\\_fauna/05\\_05\\_ratón-casero/ratón\\_casero.htm](http://www.sierradebaza.org/Fichas_fauna/05_05_ratón-casero/ratón_casero.htm)

[www.zaidex.com/conoce19.jpg](http://www.zaidex.com/conoce19.jpg)

## **Hongos**

Los hongos son organismos multicelulares, cuyas células se organizan en filamentos llamados hifas. La masa de hifas se conoce con el nombre de micelio y es la parte vegetativa. Los hongos se multiplican por esporas (Dhingra, 1985).

Cuando los hongos atacan los granos, se producen pérdidas debidas a varias causas:

- a. disminución del poder germinativo
- b. decoloración de la semilla
- c. calentamiento
- d. alteraciones bioquímicas
- e. posibilidad de producción de toxinas
- f. pérdida de materia seca.

### **Condiciones para su crecimiento**

Se han aislado más de cien especies de hongos de los granos de cereales. Cada una tiene una temperatura óptima y una mínima, y un valor de humedad relativa para el desarrollo de los hongos. La temperatura ideal para el crecimiento de la mayor parte de los hongos en los granos está entre los 25 y los 26°C; sin embargo, algunos hongos se desarrollan mejor alrededor de los 37°C. La temperatura mínima es variable y se ha establecido que algunos hongos crecen muy bien alrededor de 0°C.

En cuanto a la humedad relativa del aire, la germinación de las esporas varía entre los 65 y el 93 por ciento, dependiendo de la especie. Por lo tanto, para prevenir el crecimiento de los hongos, la humedad relativa del aire en el interior de la masa de granos, deberá ser menor que 65 por ciento y la temperatura, lo más baja posible, dentro de ciertos límites económicos y técnicos reales (Mirocha, 1980).

### **Hongos de campo**

Los hongos de campo encontrados en los granos de los cereales causan la decoloración de los granos de los cereales, lo que a menudo se observa cuando los granos quedan expuestos a la excesiva humedad de las cosechas, además de afectar la apariencia del grano (Dhingra, 1985).

### **Hongos de almacén**

Los daños causados por los hongos de almacén son mayores que los producidos por los hongos de campo. Las esporas de algunos hongos de almacenaje están presentes en los granos antes de la cosecha. Bajo condiciones favorables de temperatura y humedad, las esporas crecen y los granos son invadidos por los hongos.

## Principales hongos de campo y almacén

Nombre científico:

*Fusarium moliniforme*

*Fusarium tricinctum*

*Aspergillus glaucus*

*Aspergillus flavus*

*Aspergillus candidus*

*Penicillium sp.*

Las condiciones que afectan el desarrollo de los hongos en los granos son:

- a. humedad elevada del grano
- b. temperatura relativamente alta del grano
- c. condición del grano (partido, sucio, etc.)
- d. cantidad de materias extrañas en el grano, y
- e. presencia de organismos extraños.

## Contenido de humedad del grano y temperatura

Ninguna especie de hongo se desarrolla a una humedad relativa inferior al 60 por ciento. Los hongos de la especie *Aspergillus*, la más resistente a ambientes secos, entre los hongos de granos almacenados, crece a 65 por ciento de humedad relativa. Como muchas especies se desarrollan a más de 70 por ciento de humedad relativa, un grano a 27°C estará expuesto a la invasión de hongos de almacén mientras el nivel de humedad esté por encima del 12,5 al 13,4 por ciento.

Es importante notar que una medición de la humedad promedio dentro del almacén no determina ni garantiza el período del almacenaje de los cereales. El deterioro puede presentarse en lugares aislados del almacén, donde la humedad del grano es alta. El grano almacenado con un nivel de humedad promedio del 13 por ciento, pero que presenta una variación entre el 10 y el 16 por ciento, no es seguro para un almacenamiento a largo plazo, debido a que en alguna parte del lote existen granos con 16 por ciento de humedad.

### **Condición del grano.**

Los granos deberán estar en buenas condiciones y no presentar ningún daño, para evitar la aparición de hongos y facilitar las mejores condiciones de almacenaje.

### **Materias extrañas.**

El grano con alto porcentaje de materias extrañas generalmente no está del todo seco. La limpieza del grano antes del secado es una de las mejores formas de evitar la presencia de hongos y de insectos.

### **Organismos extraños**

Algunos de los insectos que infestan los granos almacenados, en los que las etapas de larva y ninfa se desarrollan dentro del grano, llevan consigo un gran número de esporas de hongos de almacén. La

infestación por insectos provee la temperatura y la humedad necesarias para un rápido crecimiento de estos hongos. Los ácaros se desarrollan en granos contaminados por hongos y posteriormente se vuelven sus transmisores para toda la masa de granos.

## **Micotoxinas**

Algunos de los hongos que se desarrollan en los granos producen sustancias químicas que son tóxicas tanto para los seres humanos como para los animales. Tales venenos químicos reciben la denominación de micotoxinas.

Un grupo específico de micotoxinas, las aflatoxinas, ha sido considerado de gran peligro para los animales y las personas. La aflatoxina es procedente de los hongos de almacén, *Aspergillus* (específicamente *Aspergillus flavus*), cuyas esporas se encuentran muy diseminadas en la naturaleza.

Una pequeña cantidad de aflatoxinas en el grano puede causar enfermedades graves y aun la muerte de animales. No todos los animales son susceptibles a la aflatoxina; los más jóvenes son más susceptibles que lo más viejos. Se ha observado que las aves domésticas, los cerdos y los bovinos sufren serias alteraciones patológicas cuando ingieren alimentos contaminados con aflatoxinas (Krogh, 1987).

## Literatura Citada

- Almacenadora Gamesa S.A. de C.V: Programa de conservacion de granos a desarrollar en la zona centro-sur
- Aguirre R. y T. Silmar P. 1988. Manuel para el beneficio de semillas. Centro internacional de agricultura tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Appert, J. 1993. El almacenamiento de granos y semillas alimenticios. Editorial Hemisferio sur. Primera edición. Buenos aires, argentina. Pp. 154
- Arias C. 1993, Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural
- Arias, C. J. y H. Dell'Orto T. (1982) Utilización de trojes para el secado y almacenamiento de maíz en mazorca en Chile. Documento de Campo No. 3. Chile.
- Barradas, V.L. 1987. El clima en relación con el almacenamiento de granos y semillas. En: memorias del curso de almacenamiento, manejo y conservacion de granos y semillas. PUAL-UNAM-UAAAN. Saltillo, coah., 25 p.
- Baur. F. J. 1992 Insect Management for Food Storage and Processing
- Bulla, L.A; 1977. Insects and microorganisms in stored grain and Their Control. Cap. 2. Advances of Cereal Science and Technology. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Mn, USA.
- Castillo N. A. (1980) Acondicionamiento de granos: Secamiento, almacenamiento y costos. IICA PHCA - 06. Bogota Colombia.
- Christensen, C., M. 1976. Contaminación por hongos en granos almacenados. México, Editorial Pax-México.
- Dell O. H. V. y V. Arias, C.J. 1985. Insectos que dañan Granos y productos Almacenados. FAO, Santiago, Chile.
- Dhingra, O.D. 1985 Deterioracao fungica. Vicosa-MG, brasil
- Dubois, M.E.D. 1987. Merms de secado. Circular Técnica N° 1 . Comisión Técnica de Postcosecha de Granos. Buenos Aires.
- Facio P.F. y Dávila C. S. Acondicionamiento de semillas
- FAO. 1991 Secado de Granos: natural, solar y a bajas temperaturas Santiago, Chile 1991

- Garcia, M.E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de koppen, para adaptarlo a las condiciones de la república Mexicana. 2 ed. Instituto de geografía, UNAM. México.
- Genel, M.R. 1978 Almacenamiento y conservación de granos y semillas. México, Editorial Continental
- Gil, G. Tecnología de granos y semillas: la aereación de granos con aire natural. México depto. De industrias agrícolas chapingo, 1972
- Guzmán P. C. 2005. El silo hermético; método efectivo para controlar plagas de almacén en el norte de Guanajuato.
- Koppen, W. 1948. Climatología, con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de la Cultura Económico. México.
- Lima, J.O.G. y C. Zanuncio, J. 1979. Controle de Pragas. Vicosa-MG, brasil
- Lindblad C. y druben L. 1979. Almacenamiento de grano 1ª edición 1979. Editorial Concepto S. A.
- López M., Mariano 1969. Almacenes generales de depósito
- López P. J. Almacenamiento de granos
- Marquez, P.J.A. 1993. Secado de los granos cap. 3 En: Manual de Manejo poscosecha de granos a nivel rural.
- Marsans, G. J. 1984. Sistemas o Métodos de Secado no Convencional. Propuestas para una Mejor Tecnología. Jornadas de Secado y Aireación de Granos. Bolsa de Cereales de Buenos Aires.
- Metcalf, C.L. 1977. Insectos destructivos e insectos útiles. Compañía Editorial Continental, S.A. México, D.F.
- Miller, A.A. 1982. Climatología. 5 ed. OMEGA, S.A. Barcelona
- Mirocha, C.J. y Christensen, C.M. 1980 Micotoxinas cap. 5 En: advances of cereal Science and technology. American Association of cereal chemists. St. Paul, Mn, USA.
- Moreno E. 1995, et al. Sistema de poscosecha de granos en el nivel rural
- Othon S., S. 1996. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales
- Papadakis, J. 1980. El clima com especial referencia a los climas de America latina, Península Ibérica, ex-colonias ibéricas y SUS potenciales agropecuários. Albatros. Buenos Aires.

Pereira S.F.A. 1993 Conservacion y proteccion de los Granos Almacenados. Cap. 5 En: Manual de Manejo poscosecha de granos a nivel rural

Ramayo R. L. F 1983 Tecnologia de Granos

Ramírez G., M. 1966 Problemas universales en el manejo. Almacenamiento y conservación de los granos y semillas. 1ª Edición. Editorial Continental, S.A. México, DF.

Souza, Z. y Bran, R. 1980. Maquinas de flujo; turbinas-bombas-ventiladores. Brasil

Teixeira, M.M. 1993. Limpieza de granos cap. 2. En: Manual de Manejo poscosecha de granos a nivel rural.

Wong Corral, F. J. 1987 Entomofauna de granos almacenados en el estado de sonora. Tesis de Maestría. Centro Coordinador de Investigación. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México

[www.exonline.com.mx/diario/noticia/primera/pulsonacional/preven\\_buena\\_produccion\\_de\\_granos\\_para\\_mexico/207762](http://www.exonline.com.mx/diario/noticia/primera/pulsonacional/preven_buena_produccion_de_granos_para_mexico/207762)

[www.fastonline.org/CD3WD\\_40/INPHO/VLIBRARY/X0028S/ES/X0028S02.HTM#10.%20CONTENIDO%20DE%20HUMEDAD%20DE%20EQUILIBRIO](http://www.fastonline.org/CD3WD_40/INPHO/VLIBRARY/X0028S/ES/X0028S02.HTM#10.%20CONTENIDO%20DE%20HUMEDAD%20DE%20EQUILIBRIO)

[www.fastonline.org/CD3WD\\_40/INPHO/VLIBRARY/X0027S/ES/X0027S05.HTM](http://www.fastonline.org/CD3WD_40/INPHO/VLIBRARY/X0027S/ES/X0027S05.HTM)

[www.elrural.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=320&Itemid=28](http://www.elrural.com/index.php?option=com_content&view=article&id=320&Itemid=28)

[www.parro.com.ar/definicion-de-humedad+de+equilibrio](http://www.parro.com.ar/definicion-de-humedad+de+equilibrio)

[www.fao.org/docrep/x5041s/x5041S05.htm](http://www.fao.org/docrep/x5041s/x5041S05.htm)

[www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy3/articulos/n4/texto/mcerovich.htm](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy3/articulos/n4/texto/mcerovich.htm)

[www.fao.org/docrep/x5041s/x5041S05.htm](http://www.fao.org/docrep/x5041s/x5041S05.htm)

[www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/ceniaphoy/articulos/n11/imagen/vivas\\_l2\\_05.jpg](http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/ceniaphoy/articulos/n11/imagen/vivas_l2_05.jpg)

[www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha/ControlPlagasGranosAlmacenados.asp](http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha/ControlPlagasGranosAlmacenados.asp)

[www.dkimages.com/discover/previews/976/50491469.JPG](http://www.dkimages.com/discover/previews/976/50491469.JPG)

[www.zaidex.com/conoce19.jpg](http://www.zaidex.com/conoce19.jpg)

[www.images.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.elbalero.gob.mx/explora/images/atlas/05\\_climas1.jpg&imgrefurl=http://www.elbalero.gob.mx/explora/html/atlas/climas.html&h=340&w=490&sz=31&hl=es&start=4&um=1&usg=\\_\\_vG0fF\\_ma5lhwTnF88N0k1oTodMc=&tbnid=vkj8\\_Sm6OhBQHM:&tbnh=90&tbnw=130&prev=/images%3Fq%3Dclimas%2Bde%2Bmexico%26um%3D1%26hl%3Des%26lr%3Dlang\\_es%26sa%3DN](http://www.images.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.elbalero.gob.mx/explora/images/atlas/05_climas1.jpg&imgrefurl=http://www.elbalero.gob.mx/explora/html/atlas/climas.html&h=340&w=490&sz=31&hl=es&start=4&um=1&usg=__vG0fF_ma5lhwTnF88N0k1oTodMc=&tbnid=vkj8_Sm6OhBQHM:&tbnh=90&tbnw=130&prev=/images%3Fq%3Dclimas%2Bde%2Bmexico%26um%3D1%26hl%3Des%26lr%3Dlang_es%26sa%3DN)

<http://www.fumipac.com/images/Palomilla%20dorada%20de%20los%20ce reales.jpg>

<http://www.oliverexterminatingpr.com/images/almacenados/palomilla.jpg>

<http://www.rentokil.es/i/maize-weevil.jpg>

<http://agspsrv34.agric.wa.gov.au/ento/pestweb/Images/riceweevil1degesc h.jpg>

<http://www.rentokil.es/i/grain-weevil.jpg>

<http://www.zin.ru/ANIMALIA/COLEOPTERA/images/rhidomkm.jpg>

<http://images.google.com.mx/images?gbv=2&hl=es&q=Trogoderma+granarium>

<http://images.google.com.mx/images?q=Tenebroides+mauritanicus&gbv=2&hl=es&sa=2>

<http://www.oliverexterminatingpr.com/images/almacenados/confuso.jpg>

<http://www.oliverexterminatingpr.com/images/almacenados/castano.jpg>

[http://www.plaguicontrol.com/Plaguicontrol\\_encyclopedia/ORYZAEPHILLUS\\_%20SURINAMENSIS.jpg](http://www.plaguicontrol.com/Plaguicontrol_encyclopedia/ORYZAEPHILLUS_%20SURINAMENSIS.jpg)

<http://www.ento.csiro.au/aicn/images/cain1484.jpg>

<http://www.ento.csiro.au/aicn/images/cain3324.jpg>

<http://agspsrv34.agric.wa.gov.au/Ento/pestweb/Images/crypto1degesch.jpg>

[http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/ceniaphoy/articulos/n111/magen/vivas\\_l2\\_05.jpg](http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/ceniaphoy/articulos/n111/magen/vivas_l2_05.jpg)

<http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/images/foto/tenebrio-molitor.jpg>

<http://www.ipmimages.org/images/192x128/1233160.jpg>

<http://www.padil.gov.au/img.aspx?id=7364&s=l>

<http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha/ControlPIagasGranosAlmacenados.asp>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Rattus\\_norvegicus](http://es.wikipedia.org/wiki/Rattus_norvegicus)

<http://www.dkimages.com/discover/previews/976/50491469.JPG>

[www.sierradebaza.org/Fichas\\_fauna/05\\_05\\_ratoncasero/raton\\_casero.htm](http://www.sierradebaza.org/Fichas_fauna/05_05_ratoncasero/raton_casero.htm)

[www.zaidex.com/conoce19.jpg](http://www.zaidex.com/conoce19.jpg)

[www.history.stir.ac.uk/img/siteimages/RattusRattus.CopyrightDianneSutherland.Licensorwww.scran.ac.uk.jpg](http://www.history.stir.ac.uk/img/siteimages/RattusRattus.CopyrightDianneSutherland.Licensorwww.scran.ac.uk.jpg)