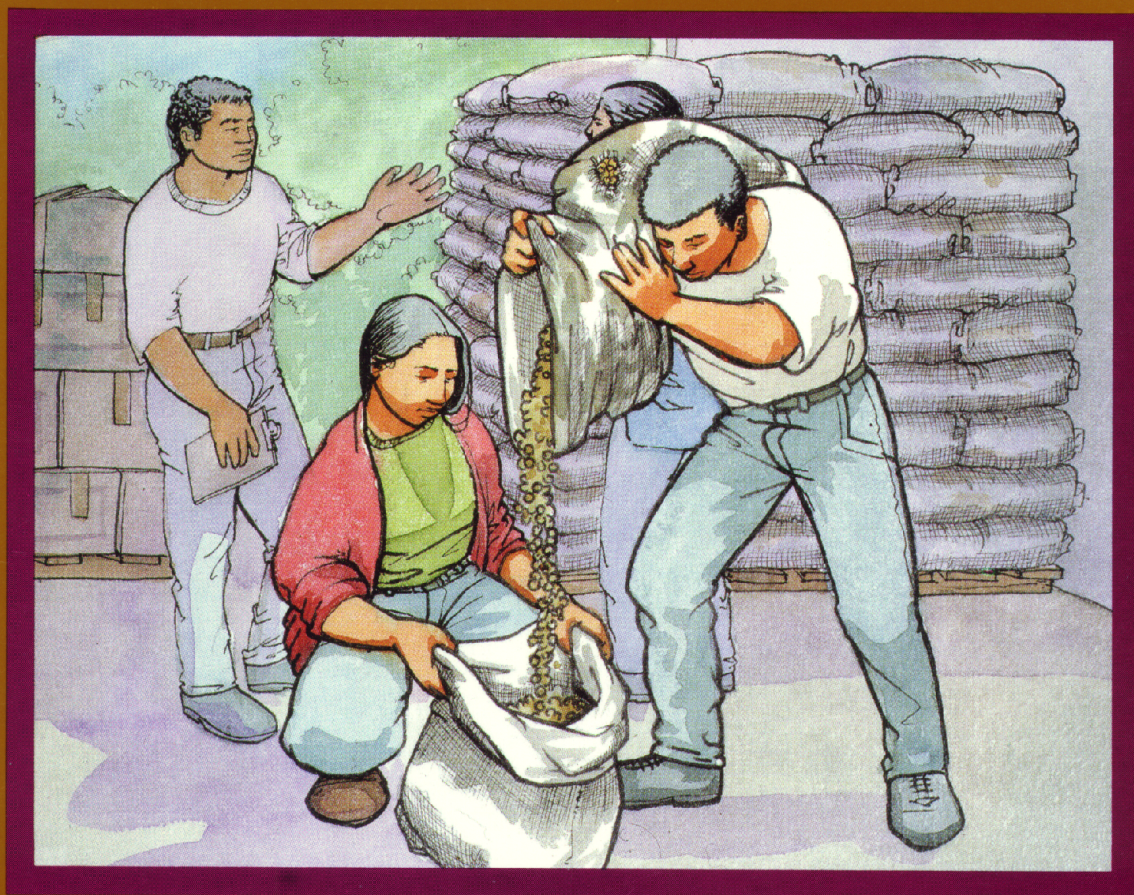


# Breves normas de control de calidad en granos almacenados



AG: GCP/ECU/065/NET  
Documento de Campo N° 11



**Axel Caro-Greiffenstein**  
Asesor Técnico Principal del  
Proyecto

**M**anual que reúne información general sobre las principales causas de pérdidas de granos durante la poscosecha y plantea alternativas prácticas para reducirlas, especialmente a nivel de explotaciones a mediana y pequeña escala.

***“Breves Normas de Control de  
Calidad”***

PROYECTO DE ASISTENCIA TECNICA  
EN POSCOSECHA Y COMERCIALIZACION  
DE GRANOS Y PAPA  
**GCP/ECU/065/NET**  
Quito, Ecuador, 1998

**Autor**

Axel Caro

**Diseño y Diagramación**

Eugenia Avalos

UNIDAD DE COMUNICACION  
DEL PROYECTO

**Ilustraciones**

Pablo Pincay

# **Breves normas de control de calidad en granos almacenados**

Por:

**Axel Caro-Greiffenstein**  
Asesor Técnico Principal del Proyecto

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA, MAG  
ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION, FAO  
Proyecto financiado por el Gobierno de los Países Bajos

Quito, Ecuador, 1998

El presente documento de campo, forma parte de una serie de informes preparados en el curso de la ejecución del Proyecto indicado en la portada interna. Las conclusiones y recomendaciones formuladas en el informe son las que se consideran adecuadas en el momento de su preparación, pero pueden ser modificadas con arreglo a los nuevos conocimientos adquiridos en las fases ulteriores del proyecto.

Las denominaciones empleadas en este documento y la forma en que aparecen los datos presentados, no implican por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

FAO. Asistencia Técnica en poscosecha y Comercialización de Granos y Papa. **Breves Normas de Control de Calidad en Granos Almacenados.** Basado en el trabajo de Axel Caro Greiffenstein, Asesor Técnico Principal del Proyecto. Quito, Ecuador, Abril de 1998. 128 páginas. GCP/ECU/065/NET

## RESUMEN

El manual está dirigido a los agentes de asistencia técnica de Organismos de Apoyo que deseen promover sistemas seguros y sencillos para el manejo poscosecha de granos y semillas y sirve de complemento a los demás documentos del “Paquete Poscosecha” preparado por el Proyecto.

Contiene información técnica básica sobre manejo de granos a nivel rural, secado de los productos, almacenamiento y control de calidad. Presenta además, la descripción de las principales plagas y contaminantes de granos almacenados y, sobre todo, el concepto de *control preventivo* de la calidad.

La información es necesariamente breve en cada tema, pero suficiente para promover sistemas sencillos de almacenamiento y control de calidad de los productos. Se puede complementar con otras publicaciones que figuran en el texto y en la bibliografía de los documentos del Paquete Poscosecha.

## **AGRADECIMIENTO**

**La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, expresa su vivo reconocimiento a las organizaciones y personas que colaboraron en la ejecución del documento, facilitando datos, asesoramiento y servicios.**

# INDICE

## RESUMEN

## AGRADECIMIENTOS

## INTRODUCCION

<b>1.</b>	<b>LAS PERDIDAS POSCOSECHA</b>	<b>1</b>
1.1	Qué son las pérdidas poscosecha?	1
1.2	Principales factores de pérdida.	1
1.3	Tipos de pérdidas.	2
1.4	Interrelación de factores en las pérdidas poscosecha.	3
1.5	Importancia de las pérdidas.	5
<b>2.</b>	<b>ESTRUCTURA DE LOS CEREALES Y LEGUMINOSAS</b>	<b>7</b>
2.1	Estructura física básica de los cereales.	7
2.2	Estructura del grano de maíz.	9
2.3	Estructura física básica de las leguminosas.	9
2.4	Propiedades de los granos.	9
2.5	Composición química de los cereales y leguminosas.	10
<b>3.</b>	<b>LIMPIEZA DE GRANOS Y SEMILLAS</b>	<b>13</b>
3.1	Principios básicos de la limpieza de los granos.	13
3.2	Sistemas de limpieza y limpiadoras.	14
3.3	Prelimpiadoras de zarandas.	15
3.4	Prelimpiadoras de cilindro o tambor.	18
3.5	Limpiadoras y clasificadoras de zarandas.	20
<b>4.</b>	<b>SECADO DE GRANOS Y SEMILLAS</b>	<b>23</b>
4.1	El grano como un ser vivo e higroscópico.	23
4.2	Presencia del agua en los cereales y granos.	24
4.3	Medición de la humedad en los granos.	24
4.4	Concepto de "humedad de equilibrio".	26
4.5	La Psicrometría aplicada al secado de granos.	26
4.6	Humedades de equilibrio de los granos.	27
4.7	Evolución de las necesidades de secado.	28
4.8	Objetivos del secado de los granos.	28
4.9	Actividad biológica de los granos.	29

4.10	Tiempo seguro de almacenamiento.	29
4.11	Proceso del secado de los granos.	30
4.12	Fuentes de calor para el secado de los granos.	31
4.13	Transmisión del calor.	31
4.14	Temperaturas apropiadas para el secado.	31
4.15	Secado no homogéneo en los granos.	32
4.16	Criterios para definir los sistemas de secado.	35
4.17	Secado natural.	36
4.18	Secado al sol.	37
4.19	Otros sistemas de secado solar.	38
4.20	Secado con aire natural, en secadoras estáticas.	39
4.21	Secado con aire caliente.	41
4.22	Secadoras estáticas.	43
4.23	Secadoras con movimiento del grano.	46
4.24	Secadoras para flujo continuo.	47
4.25	Resistencia de los granos al paso del aire.	47
4.26	Ventiladores.	48
4.27	Hornos para calentamiento del aire.	51
4.28	Sistemas de llenado y vaciado de la secadora.	54
4.29	Controles de temperatura.	54
<b>5.</b>	<b>AIREACION DE PRODUCTOS ALMACENADOS</b>	<b>57</b>
5.1	Definición de la aireación.	57
5.2	Objetivos de la aireación.	57
5.3	Proceso de "Seca-aireación".	60
5.4	Características técnicas de la aireación.	60
5.5	Equipos necesarios para la aireación.	61
5.6	Aireación con aire refrigerado o acondicionado.	63
<b>6.</b>	<b>FORMAS TRADICIONALES Y MEJORADAS DE ALMACENAMIENTO DE GRANOS EN FINCAS A PEQUEÑA Y MEDIANA ESCALA</b>	<b>65</b>
6.1	Cuales son las razones para almacenar los productos ?	64
6.2	Requisitos para un buen almacenamiento.	66
6.3	Formas tradicionales de almacenamiento.	68
6.4	Formas mejoradas de almacenamiento en la finca.	71
<b>7.</b>	<b>ALMACENAMIENTO DE GRANOS A MEDIANA Y GRAN ESCALA</b>	<b>77</b>
7.1	Características.	77
7.2	Tipos de almacenamiento.	77
7.3	Características del almacenamiento en bodegas.	79



<b>8.</b>	<b>PLAGAS Y CONTAMINANTES EN GRANOS ALMACENADOS</b>	<b>83</b>
8.1	Los insectos como plaga de granos almacenados.	83
8.2	Contaminación por hongos en granos almacenados.	88
8.3	Los roedores como plaga de productos almacenados.	91
<b>9.</b>	<b>CONTROL PREVENTIVO DE CALIDAD EN GRANOS ALMACENADOS</b>	<b>97</b>
9.1	Introducción.	97
9.2	Concepto.	97
9.3	Control preventivo de insectos plaga en granos almacenados.	98
9.4	Control preventivo de roedores.	99
9.5	Control preventivo de hongos en granos almacenados.	99
<b>10.</b>	<b>CONTROLES CURATIVOS EN GRANOS ALMACENADOS</b>	<b>101</b>
10.1	Medidas curativas para control de insectos.	101
10.2	Recomendaciones para control curativo.	102
10.3	Dosificación de insecticidas.	103
10.4	Aplicación de nebulizaciones de insecticidas.	104
10.5	Aplicación de fumigantes.	105
10.6	Uso de fumigantes a base de Fosfina.	106
10.7	Dosis de aplicación de la fosfina.	107
10.8	Fumigación de pequeñas cantidades.	108
10.9	Técnicas para el control de roedores.	110
10.10	Control integrado de los roedores.	112
10.11	Uso de venenos para controlar roedores.	113
10.12	Clasificación de los rodenticidas agudos.	114
10.13	Clasificación de los rodenticidas crónicos.	115
10.14	Preparación de rodenticidas.	116
10.15	Fórmulas prácticas de bases para cebos.	116
10.16	Precauciones al manejar rodenticidas.	117
<b>APENDICES</b>		
1	Cálculo de dosis de ingrediente activo para rociado de insecticidas	119
2	Formulario para inspección de bodegas	123
3	Obras de referencia y bibliografía	127
<b>INDICE DE FIGURAS</b>		
1	Interrelación de factores en las pérdidas poscosecha	3
2	Esquema de las partes estructurales de un grano	8
3	Sistemas manuales de limpieza de granos	14
4	Esquemas de prelimpiadoras de zarandas	16
5	Ejemplo de prelimpiadora de cilindro o tambor	19

6	Esquema de limpiadora de zarandas	20
7	Esquema de un grano durante el secamiento	33
8	Secamiento no homogéneo en una secadora estática	34
9	Secado de granos en canasta tejida para mazorcas	36
10	Troje para mazorcas de maíz	37
11	Esquemas de secadoras solares	39
12	Esquema de secadora "de alberca"	40
13	Secadora para sacos	41
14	Partes constitutivas de una secadora	42
15	Esquema de secadora estática de aire caliente tipo IRRI	44
16	Esquemas de secadoras comerciales	45
17	Gráfica de Shedd sobre resistencia de los granos al paso del aire	48
18	Esquemas de ventiladores axiales	49
19	Esquemas de ventiladores centrífugos	50
20	Esquemas de hornos para secadoras	52
21	Esquema de horno para cascarilla (tamo) de arroz	53
22	Calentamiento producido por actividad biológica	58
23	Sistema de fumigación forzada con aireación	59
24	Esquema del sistema "seca-aireación"	60
25	Esquemas de diversos ductos para aireación	62
26	Almacenaje de granos en sistemas tradicionales	70
27	Almacenaje de granos en el Jurón	71
28	Troje mejorado para mazorcas de maíz	73
29	Silo verdeador para papa-semilla	74
30	Granero y tanque metálico para almacenamiento de granos	75
31	Principales insectos plaga de granos almacenados	86
32	Roedores plaga de granos y alimentos almacenados	92
33	Fumigación en funda plástica	109
34	Trampas para roedores	111
35	Aplicación segra de rodenticidas	113

## INDICE DE CUADROS

1	Composición media de los cereales, expresada en porcentaje de producto con 12% de humedad	11
2	Densidad aparente, porosidad y ángulo de reposo de varios productos	15
3	Ejemplos de prelimpiadoras comerciales	18
4	Humedades de equilibrio de algunos productos	27
5	Tiempo seguro de almacenamiento de arroz, en días	29
6	Tiempo seguro de almacenamiento de trigo, en semanas	30
7	Tiempo seguro de almacenamiento de maíz, en días	30
8	Temperaturas recomendables del aire de secado para secadoras estáticas	32
9	Temperaturas recomendables del aire de secado para secadoras con grano en movimiento	32
10	Flujos de aire recomendados en aireación y resultados que pueden obtenerse	64
11	Contenidos límites de humedad para especies fúngicas	90
12	Insecticidas y dosificaciones para nebulización	105
13	Aplicación de pastillas de Fosfina para fumigación	107

14	Ejemplos de insecticidas de uso común en almacenamiento de granos. Concentrados emulsionables (ce)	<b>121</b>
15	Ejemplos de insecticidas nebulizables de uso común en instalaciones de almacenamiento de granos	<b>121</b>
16	Resumen de las principales características de algunos rodenticidas	<b>121</b>



# INTRODUCCION

En muchos países lo mismo que en el Ecuador, la asistencia técnica agrícola se ha centrado en los aspectos productivos a nivel de campo, mientras que se ha prestado escasa o ninguna atención a los aspectos del manejo poscosecha de los productos de los agricultores a pequeña y mediana escala. Igualmente, los estudios de ingeniería agronómica, las investigaciones agrícolas y la capacitación se han centrado casi exclusivamente, en la producción.

Las pérdidas agrícolas causadas por fenómenos naturales como heladas, sequías, inundaciones y otras, son bastante importantes y por su evidencia, constituyen noticia de primera página. No sucede lo mismo con las pérdidas que se producen a partir de la cosecha, que siendo tanto o más importantes que las pérdidas a nivel de campo, pasan prácticamente inadvertidas por ser menos evidentes, o porque ocurren en forma individual en las parcelas de cada quien.

Cabe destacar, sin embargo, que las pérdidas en poscosecha son permanentes y universales.

Esta situación ha determinado que en los últimos años, se hayan realizado esfuerzos para crear una conciencia en extensionistas y productores respecto a la necesidad de reducir las pérdidas de productos a partir de su cosecha poniendo a su alcance recursos técnicos sencillos, económicos y fáciles de aplicar.

Como uno de los mecanismos orientados a alcanzar este objetivo, se ha preparado este documento de "***Breves Normas de Control de Calidad en Granos Almacenados***", en el que se exponen algunas recomendaciones para mantener en las mejores condiciones, tanto los graneros y bodegas como los productos que en ellos se guardan.

Este documento está dirigido a extensionistas agrícolas, agentes de asistencia técnica y administradores de almaceneras y centros de acopio. Se espera que su lectura, detenida y analítica, despierte interés y los motive a profundizar en los temas tratados, a fin de aplicarlos en la práctica y reducir las pérdidas poscosecha de los productos bajo su responsabilidad, ya sean de agricultores a pequeña escala o en bodegas y almacenes de mayor magnitud.

La mención de marcas comerciales de insecticidas y rodenticidas es únicamente informativa y no implica el endoso de FAO para su uso en proyectos específicos.



## LAS PERDIDAS POSCOSECHA

Las pérdidas de cereales almacenados y de alimentos en general, se deben a múltiples factores, tanto propios de los granos, como del ambiente físico, biológico, económico, social y cultural en el que se producen y almacenan. La interrelación de estos factores se manifiesta durante la fase productiva y continúa después de la madurez fisiológica de los cereales, en el manejo, secado, almacenaje y control de calidad.

Esta interacción determina que los factores que afectan la calidad de los cereales almacenados deben ser considerados como un todo, es decir, que si se quieren reducir las pérdidas poscosecha, se deben enfrentar todos de manera integral, ya que si se tratan aisladamente, se tendrá un éxito limitado en la conservación de la calidad de granos almacenados.

### 1.1 Qué son las pérdidas poscosecha?

Se denominan "*pérdidas poscosecha*" a todas las reducciones de cantidad y/o calidad que sufren los productos alimenticios a partir de su madurez fisiológica y que impiden que sean aptos para el consumo humano. Por ejemplo, los granos consumidos por las ratas e insectos, los granos invadidos por hongos y toxinas y los productos que se desperdician por empaques rotos o en mal estado, son considerados como pérdidas poscosecha.

### 1.2 Principales factores de pérdida

Las pérdidas poscosecha obedecen, principalmente, a los siguientes factores:

#### a) Factores biológicos:

- Actividad metabólica de los granos
- Ataque de insectos
- Presencia de hongos
- Ataque de roedores

#### b) Factores físicos y de descuido humano:

- Humedad y temperatura ambiente elevadas

- Humedad elevada del grano
- Prácticas deficientes de corte, trilla y transporte
- Almacenamiento defectuoso
- Contaminantes, como plaguicidas, fertilizantes e impurezas

## **1.3 Tipos de pérdidas**

Las pérdidas poscosecha son de dos tipos: de *cantidad* y de *calidad*:

### **1.3.1 Pérdidas de cantidad**

Las pérdidas en cantidad son las reducciones de peso y/o volumen en los granos por causas físicas, químicas y biológicas, y por descuido humano. Se producen pérdidas de cantidad por la caída de granos durante el corte, trilla y transporte; ruptura de envases, y ataque de insectos, roedores y hongos. Las mermas por robo en una bodega no se consideran como "pérdida" ya que el producto será consumido por personas, aunque no sean sus dueños lícitos.

### **1.3.2 Pérdidas de calidad**

Son los cambios de las características físicas y químicas de los granos, producidos por ataques de insectos, roedores y hongos; por la contaminación con productos químicos, agroquímicos y biológicos, y por condiciones inadecuadas de temperatura y humedad. Muchas de las pérdidas en calidad se deben a descuido humano y a falta de higiene en las instalaciones.

Las pérdidas de calidad pueden reducir el valor del producto y cuando son muy serias, pueden impedir que el producto sea consumido por personas y animales.

### **1.3.3 Pérdidas de valor comercial**

Son las reducciones del precio de compraventa de los productos, a causa de las pérdidas de calidad. Estas reducciones de precio de venta por mala calidad del producto influyen muy negativamente en la economía de agricultores a pequeña y mediana escala.

### **1.3.4 Pérdidas de valor nutritivo**

Los cambios de la estructura física y química de los granos almacenados, provocados por los factores ya indicados, determinan pérdidas significativas de su valor nutritivo. El embrión de los granos tiene el mayor contenido de sustancias nutritivas y es la parte más afectada por el ataque de roedores y de hongos.

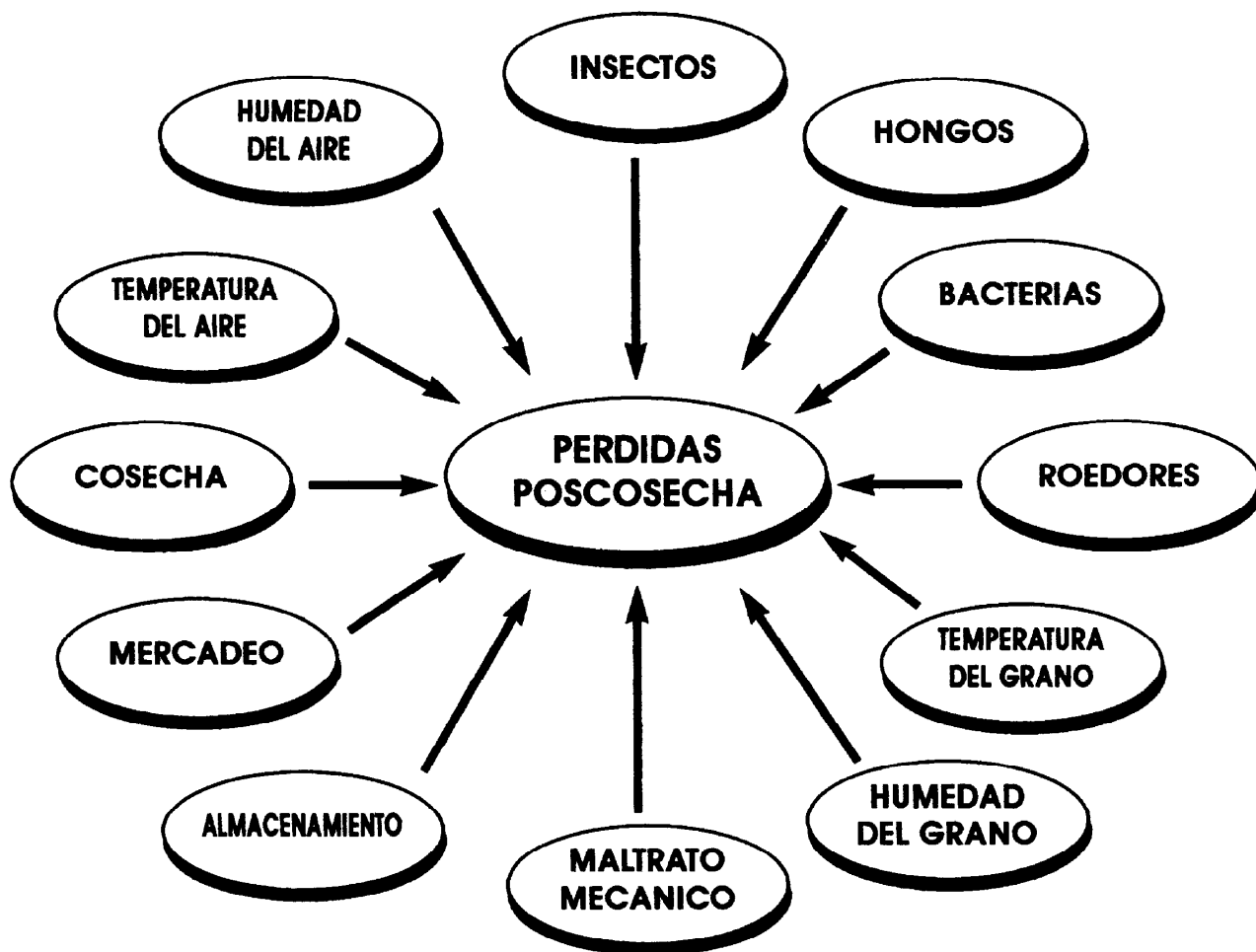


## 1.4 Interrelación de factores en las pérdidas poscosecha

Los factores biológicos, físicos y químicos y los descuidos humanos están estrechamente vinculados entre sí y por lo tanto, unos son consecuencia de otros. Los más importantes factores son:

Figura 1

Interrelación de factores en las pérdidas poscosecha



### 1.4.1 La actividad metabólica de los granos

La respiración es la actividad metabólica más importante, y se incrementa con el aumento de la temperatura y humedad ambiente.

La respiración del grano genera anhídrido carbónico y agua, produce incrementos en

la temperatura y humedad de la masa de granos y favorece el desarrollo de insectos, hongos y bacterias. Es por lo tanto una actividad auto alimentada que si se deja sin control, puede arruinar la totalidad del producto, causar calentamientos e incendios.

### **1.4.2 La actividad metabólica de los insectos**

De igual manera, la actividad metabólica de los insectos produce incrementos en la temperatura del grano, favoreciendo el desarrollo de hongos y bacterias, que producen cambios químicos, contaminación y pérdidas de calidad y valor nutritivo.

### **1.4.3 El ataque de roedores e insectos**

Provoca daños físicos al grano y abre las puertas para el ataque de hongos y bacterias. La contaminación con excrementos produce pérdidas de calidad y por tanto la reducción de los precios de venta. Los insectos y roedores consumen enormes cantidades de productos, pero lo que deterioran es aún mayor. Lo más grave, es que transmiten enfermedades graves a las personas y animales.

### **1.4.4 Deficientes prácticas de manejo de los productos**

Los errores y descuidos humanos originan pérdidas de cantidad y calidad, durante las operaciones de trilla, transporte, almacenamiento, etc., cuando caen al suelo muchos granos y se producen daños mecánicos que favorecen el ataque de plagas y enfermedades.

La falta de cuidado de los operarios, por ejemplo, puede ocasionar contaminaciones con productos químicos, lo que no solo causa pérdidas sino que presenta graves riesgos para la salud de las personas.

### **1.4.5 Las formas de almacenamiento**

Se relacionan también con los factores económico-sociales, físicos y biológicos. Por ejemplo, el maíz en mazorcas colgado debajo del alero de la casa y las parvas de trigo o cebada, pueden ser un símbolo de "status", pero están expuestos a las condiciones ambientales de humedad y temperatura, que incrementan el riesgo de ataque de plagas y enfermedades, y al ataque de pájaros y roedores.

Por otra parte, la falta de espacio físico, de recursos económicos y de asistencia técnica, determina que los granos almacenados estén expuestos a la contaminación con agroquímicos, y excrementos de roedores.

De lo expuesto se deduce que, debido a la interrelación de factores, las pérdidas se producen:

- a) **Durante el corte y trilla** se producen pérdidas de grano porque cae al suelo sin posibilidades de recogerlo; porque no se retira todo el grano de la espiga y porque se produce rotura y otros daños físicos por falta de secado oportuno, entre otros.
- b) **Durante el transporte** se producen pérdidas por rotura de los sacos o envases, por demoras en llevar el producto húmedo a las plantas de secado y por rehumedecimiento del producto a causa de la lluvia.
- c) **Durante el beneficio** se producen pérdidas por altas temperaturas de secado y mal manejo de los granos por desajuste de las maquinarias y descuido de los operarios.
- d) **Durante el almacenamiento** se producen pérdidas por desorden, desaseo y falta de mantenimiento de las instalaciones, que favorecen el ataque de insectos, hongos y roedores.
- e) **Durante el proceso industrial** se producen pérdidas por mal ajuste de los equipos, contaminaciones, falta de higiene, etc.

## 1.5 Importancia de las pérdidas

Es difícil señalar con cifras concretas el valor económico de las pérdidas poscosecha, pero para los agricultores a pequeña y mediana escala son tan evidentes, que se pueden enfocar desde dos puntos de vista:

La **importancia económica** representada por el monto en dinero de la producción que no puede ser vendida ni consumida y cuyo valor se reduce en función de calidad y cantidad.

La **importancia social** representada por la cantidad de alimentos que podrían llegar hasta los consumidores, ayudando a solucionar el problema del hambre y de la inseguridad alimentaria. No puede ser estimada en sures, pero basta considerar que, según FAO, al menos el 10% de la producción de cereales en países en desarrollo, equivalente a 80 millones de toneladas, se pierden por malas prácticas de manejo poscosecha.



## ESTRUCTURA DE LOS CEREALES Y LEGUMINOSAS

El conocimiento de la estructura física y química de los granos, tanto cereales como leguminosas, es fundamental para su eficiente manejo poscosecha. Los cereales y leguminosas son seres vivos que, como tales, cumplen todas las funciones vitales, siendo la respiración la más importante desde el punto de vista del almacenamiento, ya que este proceso degrada el almidón en azúcares, consumiendo oxígeno, generando anhídrido carbónico y liberando calor y agua.

### 2.1 Estructura física básica de los cereales

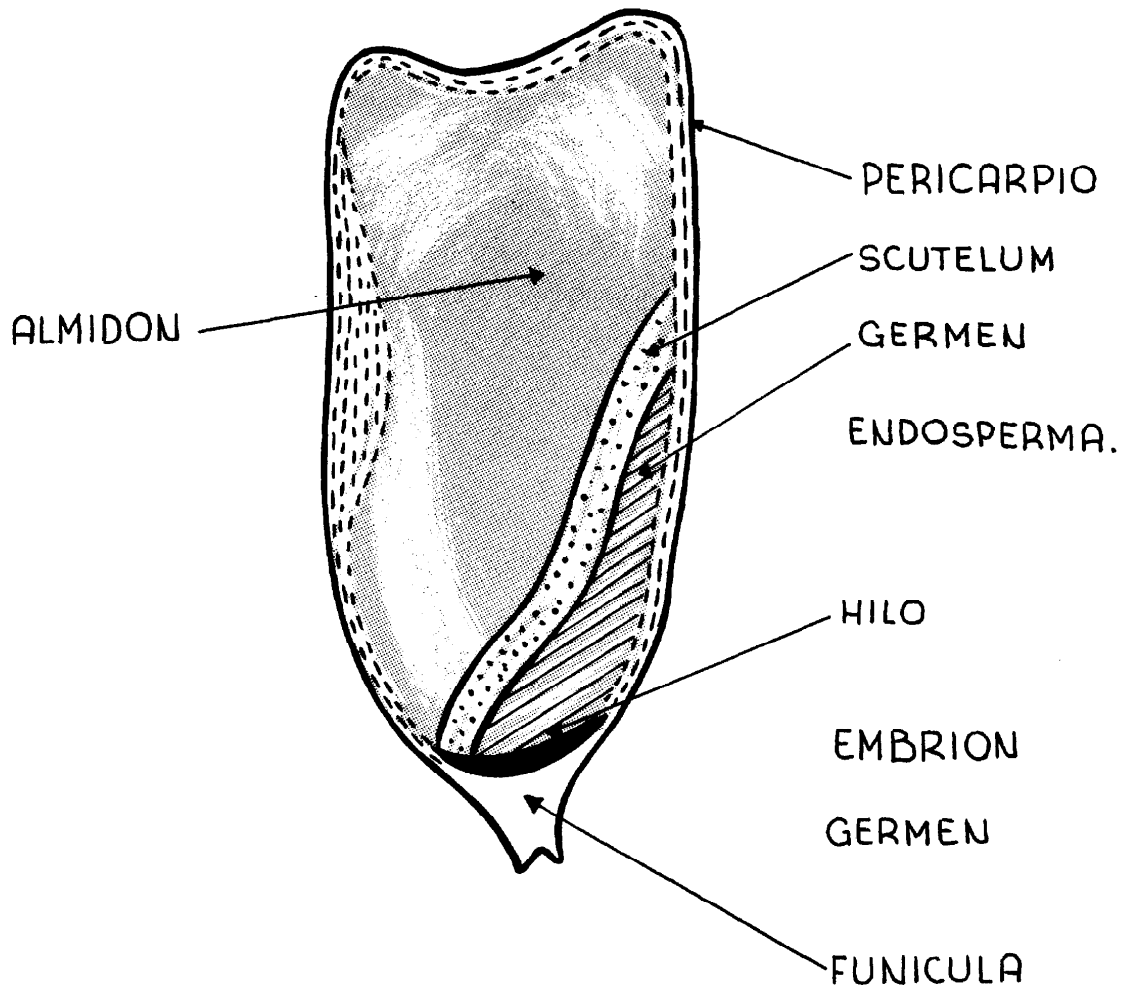
Todos los cereales: maíz, arroz, trigo, sorgo, etc., pertenecen a la familia de las **gramíneas**. Cada grano de los cereales constituye un fruto del tipo cariósipide, cuya única semilla está íntimamente adherida al pericarpio.

Las partes estructurales de un grano de cereal son el pericarpio, el endospermo y el embrión o germen.

Figura 2

Esquema de las partes estructurales de un grano

CORTE ESQUEMATICO  
DE UN GRANO DE MAIZ



El **pericarpio** es la envoltura exterior del grano, encargada de regular el intercambio con el exterior y puede ser atravesado por microorganismos y gases. Constituye una barrera natural contra los agentes de deterioro y es de vital importancia para la conservación del grano.

El **endospermo**, llamado albumen, constituye la casi totalidad del interior del grano. A veces se encuentran las reservas en forma de glúcidos en las gramíneas, y en otros casos, en forma proteica o lipídica en las leguminosas y oleaginosas.

El **embrión o germen** es la parte fundamental de la semilla. En los cereales está constituido por el *scutellum* y la plántula y en el maíz, posee elevado contenido de lípidos.

La estructura física y química de los granos es importante para su manejo poscosecha, puesto que el tamaño, forma, composición química y relación porcentual entre sus partes, determina las condiciones de almacenamiento y procesamiento industrial.

## 2.2 Estructura del grano de maíz

Las estructuras básicas del grano de maíz son el pericarpio, el endospermo y el embrión o germen.

- a) **El Pericarpio** es la cubierta celulósica del grano, constituida por cuatro capas de células diferenciadas que son la epidermis, el mesocarpio, las células cruzadas y las células tubulares.
- b) **El Endospermo** es la parte interior del grano, constituido en su casi totalidad, por hidratos de carbono en forma de almidón. El tipo, proporción y distribución de los almidones depende de la variedad de maíz. El maíz duro tiene endospermo córneo y el maíz suave tiene endospermo harinoso.
- c) **El Embrión o Germen** es el constituyente vivo de la semilla, que dará origen a la nueva planta. Está constituido por hidratos de carbono, celulosa, proteínas y materias grasas. En el embrión se encuentran el scutelo y el eje embrionario.

## 2.3 Estructura física básica de las leguminosas

Todos los granos contenidos en vainas, como el fréjol, arveja, haba, lenteja, chocho, soya y otros, pertenecen a la familia de las leguminosas. El fruto de las leguminosas tipo legumbre, es una vaina constituida por diferentes capas, en cuyo interior se encuentran las semillas que constituyen la parte comestible.

Las capas que constituyen la vaina son el *pericarpio*, el *exocarpio*, el *mesocarpio* y el *endocarpio*. Durante el desarrollo de la planta, estas capas son gruesas y carnosas, pero en la fase de maduración la vaina pierde humedad y adquiere consistencia apergamizada.

La semilla de las leguminosas tiene estructura similar a la de las gramíneas y sus partes principales son *pericarpio*, *endospermo* y *embrión*. Se diferencian de las semillas de gramíneas porque tiene dos cotiledones que encierran el germen.

## 2.4 Propiedades de los granos

Los granos poseen propiedades físicas, químicas, mecánicas y térmicas, que deben ser consideradas seriamente para reducir los daños durante las operaciones de recolección, secado, almacenamiento y procesamiento a pequeña escala o a nivel industrial.

Puesto que las propiedades mecánicas y térmicas dependen, en gran parte, de las estructuras física y química, en este documento se analizarán solamente estas dos últimas características de los granos.

## 2.4.1 Características físicas

- a) **Forma y tamaño:** estas características tienen especial importancia para la reducción de pérdidas poscosecha, ya que de ellas dependen otras características como la densidad, el volumen y la porosidad que, a su vez, determinan las técnicas de recolección, secado, almacenamiento, aplicación de fumigantes y otras.
- b) **Densidad:** es la relación entre el peso o masa de los granos y su volumen. Se divide en densidad aparente y densidad real.

**Densidad aparente (Da):** conocida también como peso hectolítrico, es la relación entre el peso del producto y su volumen, incluyendo los espacios libres o poros. Su valor está dado en kg/m<sup>3</sup>, g/l o kg/Hl. y se determina mediante una balanza común.

**Densidad real (Dr):** es la relación entre el peso de los granos y su volumen real, excluyendo los espacios libres o poros. El volumen real se determina sumergiendo una muestra de granos en un líquido y aplicando el principio de que el volumen de líquido desalojado es igual al volumen de grano sumergido.

- c) **Porosidad (P):** es la cantidad de espacios que quedan entre los granos y que están ocupados por aire. Se calcula estableciendo la relación entre densidad real y densidad aparente, utilizando la fórmula:

$$P\% = (1 - Da/Dr) \times 100$$

- d) **Contenido de humedad de los granos:** es la cantidad de agua libre que poseen los granos y que puede ser eliminada mediante secado, sin alterar la estructura físico-química. El contenido de humedad puede ser expresado en base húmeda (bh) y en base seca (bs).

El contenido de humedad *en base húmeda* es el que comúnmente se usa en todas las transacciones comerciales. Se expresa como la proporción o porcentaje entre el peso de la humedad y el peso total de la muestra. La fórmula es:

$$H = (Pa/Pa + Pm) * 100 \quad \text{en donde:}$$

H = contenido de humedad en porcentaje

Pa = Peso del agua

Pm = Peso de la materia seca.

En la fórmula, Pa+Pm corresponde al peso total de la muestra.

## 2.5 Composición química de los cereales y leguminosas

La constitución química de los granos y semillas está determinada por su estructura genética y las condiciones ambientales. Las principales sustancias de reserva que constituyen el endospermo y el germen, son los carbohidratos, particularmente almidón y azúcar, y las grasas.



## Cuadro 1

### Composición media de los cereales, expresada en porcentaje de producto con 12% de humedad

COMPONENTE	trigo	cebada	maíz	avena	centeno	sorgo	arroz paddy	arroz blanco
Materias minerales	1.6	2.4	1.5	3.2	1.7	1.8	4.5	0.5
Proteínas (Nx6,25)	11.5	11.6	9.0	11.0	10.0	11.0	8.0	7.2
Materias grasas	2.0	2.0	4.2	4.5	1.5	3.0	1.9	0.4
Pentosanas	7.0	9.0	4.0	6.7	---	---	---	---
Celulosa bruta	2.8	5.0	2.5	10.0	2.6	2.2	8.9	0.7
Lignina	1.9	---	1.6	9.0	---	---	---	---
Almidón	60	53	64	40	55.0	63	65	81

Los cereales y leguminosas difieren en su composición química. En el cuadro 1 se citan algunos datos para los cereales. En cambio, para las leguminosas son los siguientes:

Fréjol: 24,9% proteína; 1,3% grasa; 4,3% ceniza; 4,3% fibra.

Soya: 36,5% proteína; 19,5% grasa; 4,6% ceniza; 5,4% fibra.

La composición química de los granos, determina su mayor o menor riesgo de deterioro durante el almacenamiento. Por ejemplo, los granos con alto contenido de aceites como la soya, absorben menos humedad del aire que los granos con alto contenido de almidón como el maíz. Por ello, los primeros serán almacenados con un menor contenido de humedad que los segundos. Los granos con alto contenido de grasas, tienen metabolismo más activo y generan mayor cantidad de calor, por lo cual son más difíciles de almacenar.



## LIMPIEZA DE GRANOS Y SEMILLAS

La limpieza de los granos y semillas consiste en eliminar las impurezas para reducir su deterioro, aumentar el tiempo de almacenamiento, y favorecer la aplicación de fumigantes, el secamiento y la aireación. Es el primero de los procesos a que debe someterse el producto, sea a pequeña escala a nivel de agricultor o a gran escala en instalaciones industriales.

El alto contenido de impurezas reduce la calidad del producto y la eficiencia de las secadoras, disminuye la eficacia de los tratamientos con fumigantes y dificulta la circulación del aire de enfriamiento.

Las impurezas son restos de la propia planta o de otras plantas, como tallos, hojas, paja, granos rotos y semillas silvestres. Otras impurezas normalmente presentes, son piedrecillas, terrones, polvo y tierra, que permiten la infestación acelerada de los granos, y el desarrollo acelerado de los insectos.

### 3.1 Principios básicos de la limpieza de los granos

La limpieza de los granos se fundamenta en las *diferencias físicas* de los granos y de las impurezas, como el tamaño, consistencia y peso. A veces, estas características son muy similares, lo que dificulta su separación. En estos casos la limpieza debe fundamentarse en la propiedad cuya diferencia sea la más pronunciada.

A nivel de campo, generalmente se realiza la limpieza sometiendo el producto a una corriente de aire que puede ser la brisa. Es común ver a agricultores en algunas regiones, “venteando” los productos para separar las partículas más livianas por la acción del viento y a veces con el apoyo de un ventilador eléctrico.

Las limpiadoras mecánicas han sido diseñadas considerando tres propiedades físicas de los granos: el tamaño, la forma y la velocidad terminal.

- a) **El tamaño:** Las limpiadoras realizan la separación considerando el largo y el grosor, pero es posible separar granos del mismo ancho utilizando zarandas de orificios circulares.

Para separar granos que tienen el mismo largo y ancho, pero diferente grosor, se utilizan zarandas de orificios oblongos o alargados. Los granos que tienen el mismo ancho y grosor pero diferente longitud, pueden ser separados mediante un disco o cilindro alveolado. No es posible separarlos utilizando zarandas.

- b) **La forma:** La forma de las perforaciones de las zarandas depende de la forma de los granos: es decir, la zaranda debe tener perforaciones de la forma del grano que se desea limpiar.
- c) **La velocidad terminal:** llamada también "resistencia al aire", es la velocidad de la corriente de aire en equilibrio con la fuerza de los granos.

Si los granos son sometidos a una corriente de aire ascendente y los granos flotan, esta es su *velocidad terminal*. Si la velocidad del aire aumenta o disminuye, los granos tienden a desplazarse.

En las limpiadoras basadas en la velocidad terminal, los granos son sometidos a una corriente de aire con velocidad menor a la velocidad terminal, que separa las impurezas livianas. Las impurezas pesadas deben ser separadas luego mediante zarandas o mallas.

### 3.2 Sistemas de limpieza y limpiadoras

Los sistemas de limpieza utilizados tanto en las unidades de producción como en los centros de acopio y almacenamiento, se fundamentan en los mismos principios mecánicos. Los más usuales son:

**Figura 3**

#### **Sistemas manuales de limpieza de granos**



- a) **Limpieza con viento natural:** consiste en dejar caer los granos desde cierta altura, de modo que el viento arrastre las impurezas livianas, como polvo, paja y granos vacíos. Las impurezas pesadas no son arrastradas por el viento y caen junto con los granos.
- b) **Limpieza con ventiladores:** consiste en separar las impurezas livianas utilizando la corriente de aire generada por un ventilador. No es posible con este método separar las impurezas pesadas.
- c) **Limpieza con zarandas manuales:** consiste en utilizar zarandas con perforaciones menores al tamaño del grano, montadas en un bastidor. La malla o zaranda se mueve hacia arriba lanzando los granos, de modo que el aire arrastre las impurezas livianas. Luego la zaranda se mueve en vaivén para que caigan las impurezas pesadas más pequeñas que el grano.
- d) **Limpieza con ventilador y zarandas:** Estas máquinas están constituidas por un depósito alimentador, un conjunto de zarandas, un ventilador aspirador y un dispositivo vibratorio u oscilatorio. Este tipo de limpiadoras es el más difundido en instalaciones grandes y pequeñas.

## Cuadro 2

### Densidad aparente, porosidad y ángulo de reposo de varios productos

Producto	Densidad, Kg/m <sup>3</sup>	Porosidad, %	Angulo de reposo
Cebada	641 - 692	45 - 55	28°
Maíz desgranado	718 - 769	40	27°
Arroz cáscara	440 - 550	50 - 65	36°
Sorgo	641 - 743	37	33°
Soya	743 - 770	34 - 36	29°
Trigo	730 - 840	35 - 45	26 - 28°

Fuentes: Hall; Trisviaskii; ASAE.

### 3.3 Prelimpiadoras de zarandas

Las prelimpiadoras o "zarandas" son el sistema más simple para separar parte de las impurezas con que llega el producto. En general, no están diseñadas para limpiar perfectamente y solo hacen tres separaciones:

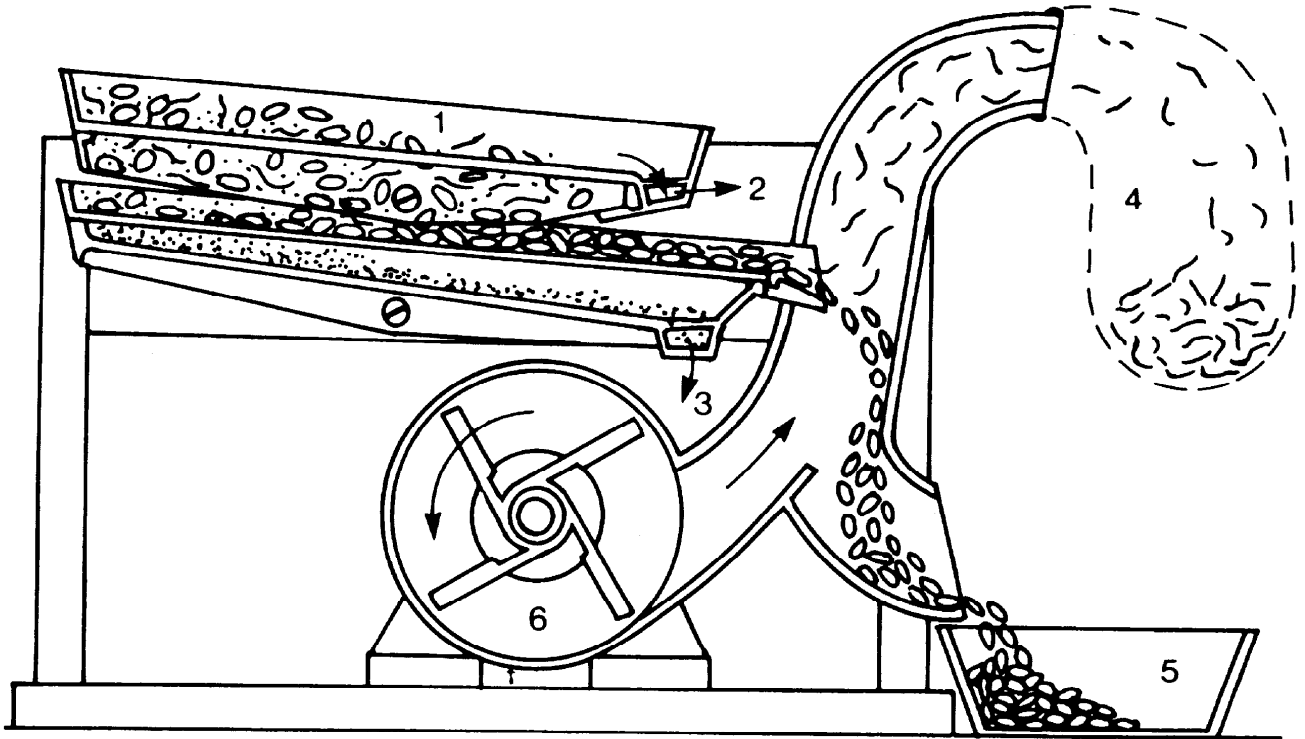
- Impurezas mayores que el grano.
- Impurezas de menor tamaño que el grano.
- Polvo e impurezas livianas.

### 3.3.1 Características de diseño

Las prelimpiadoras de zarandas están compuestas por una mesa inclinada y oscilante que contiene dos zarandas de lámina de hierro con perforaciones adecuadas al grano que se está manejando. Las hay también de una sola zaranda, que solo permite realizar un trabajo de separación de impurezas grandes.

Figura 4

Esquemas de prelimpiadoras de zarandas



1. Tolva
2. Descarga de partículas gruesas
3. Descarga para impurezas menores del grano
4. Descarga de aire con impurezas livianas
5. Salida de grano limpio

- a) **La zaranda superior** tiene orificios mayores que el grano, donde se separan las pajas, tallos y materias extrañas, cayendo el producto a la zaranda inferior.
- b) **La zaranda inferior** tiene huecos más pequeños que el grano, con lo cual solo el polvo, arena e impurezas pequeñas pasan a través de la lámina y son descargados de la máquina por un ducto metálico.

La mayor parte de las prelimpiadoras tienen un **sistema de aspiración del polvo**, por medio de un ventilador que hace pasar una corriente de aire a través del grano en la descarga. La mezcla de aire y polvo se descarga a la intemperie o por medio de un ciclón recolector.

**El sistema de oscilación**, que se logra mediante un eje con excéntrica, que transmite el movimiento de vaivén por medio de bielas sostenidas a la mesa de las zarandas.

Un **sistema motriz**, compuesto por un motor eléctrico, con reducción de velocidad y transmisión por medio de poleas y correas.

Y una **estructura metálica** (o de madera, en algunos casos), para sostener el conjunto y darle la rigidez necesaria.

### 3.3.2 Utilización

Las prelimpiadoras de zarandas se usan con granos húmedos o secos, para bajar el nivel de impurezas a un cuatro o cinco por ciento. Por su mismo diseño, no es posible retirar más impurezas con un equipo de ésta naturaleza.

En general, son el primer equipo por el que pasa el producto al llegar a la planta de beneficio, pues no es práctico manejar granos sucios en equipos de transporte y elevación o en las secadoras, por peligros de atasques e incendios.

### 3.3.3 Capacidad de las prelimpiadoras de zarandas

La capacidad de una prelimpiadora depende de múltiples factores, como se indica a continuación:

- a) **La humedad** con que llegue el producto determina el mayor o menor rendimiento de la prelimpiadora, puesto que los granos húmedos se apelmazan, son más difíciles de manejar en ductos y equipos, y el polvo e impurezas livianas no están libres sino pegados a los granos. Por lo tanto, a *mayor humedad* de entrada, *menor rendimiento* de la máquina.
- b) **El porcentaje inicial de impurezas** define el rendimiento. Si se trata de prelimpiar un grano demasiado sucio a mayor velocidad de lo que permite el equipo, habrá una cantidad apreciable de granos buenos que serán descargados con las impurezas. Esto sucede cuando se llenan las zarandas y se atascan los orificios.
- c) **El tipo de grano** hace que un mismo equipo de más o menos capacidad. Por ejemplo, una zaranda da más capacidad en maíz, sorgo y soya que en arroz.
- d) **El tamaño de las zarandas.** Como regla general, se puede considerar que son necesarios 0,2 m<sup>2</sup> de área de cada zaranda, por cada tonelada por hora que se quiera prelimpiar. Este dato es útil cuando se están estudiando varios diseños y tamaños para seleccionar equipos. Sin embargo, éste valor debe considerarse como el mínimo indispensable, por lo que es altamente recomendable escoger zarandas mayores.

### 3.3.4 Potencia necesaria para mover el equipo

La potencia necesaria será la suma de dos componentes:

- a) **El movimiento de oscilación** o vaivén de las zarandas, que consume poca energía.
- b) **La operación del ventilador** de aspiración de impurezas livianas, que en comparación, utiliza la mayor parte de la potencia del motor.

La transmisión de fuerza a la excéntrica y al ventilador se hace generalmente por medio de correas en V y poleas. Algunos diseños europeos de gran tamaño utilizan motores independientes para las zarandas y el ventilador.

A continuación se indican algunas capacidades de prelimpiadoras comerciales, con la potencia requerida para su operación.

**Cuadro 3**

#### **Ejemplos de prelimpiadoras comerciales**

Area de la zaranda, m <sup>2</sup>	Capacidad en Toneladas por hora	Potencia del motor, Kw
1,0	Hasta 5	0,75 Kw. Con ventilación
2,86	Hasta 20	1 Kw. Sin ventilación
3,30	15 a 20	1 Kw. Con ventilación
4,64	6 a 12	2 Kw. Con ventilación
5,51	Hasta 20	4 Kw. Con ventilación

Como puede observarse, existe mucha variedad en los diseños y en las capacidades ofrecidas por los fabricantes.

### 3.4 Prelimpiadoras de cilindro o tambor

Las zarandas de las prelimpiadoras de cilindro están formadas por uno o dos tambores de malla de alambre, montados en ejes horizontales, que al girar, separan las impurezas del producto que cae en la parte superior del o de los tambores.

Los cilindros tienen varios álabes en su parte interna que son deflectores del flujo de grano prelimpiado hacia la descarga, donde es sujeto a una aspiración del polvo e impurezas livianas, que se decantan en una cámara dentro de la máquina o salen al exterior para ser descargadas mediante un ciclón.

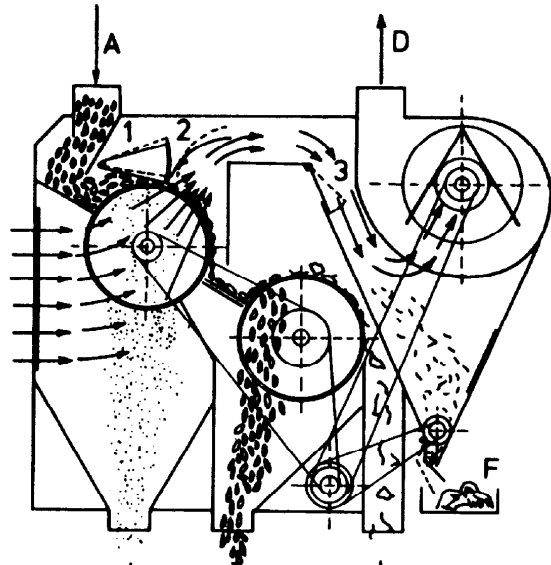
La distribución del grano a todo lo ancho de la máquina se logra mediante un registro giratorio en algunos casos, o con una compuerta regulable mediante contrapesas.

La transmisión de fuerza se hace mediante correas en V y poleas. Generalmente, el ventilador aspirador tiene su propio motor eléctrico.



**Figura 5**

**Ejemplo de prelimpiadora de cilindro o tambor**



- A. Entrada del producto
- B. Salida de impurezas pequeñas y tierra
- C. Descarga de paja e impurezas mayores
- D. Salida del aire de aspiración con polvo
- E. Descarga del grano limpio
- F. Descarga de impurezas del ciclón recolector

### 3.4.1 Uso de las prelimpiadoras de cilindro

Las prelimpiadoras de cilindro cumplen la misma función de las zarandas planas, de modo que pueden usarse para los mismos productos. Sin embargo, el diseño permite capacidades mayores para el mismo tamaño externo del equipo, y logra separaciones mayores de impurezas. Los cilindros prelimpiadores son recomendables para la prelimpieza de arroz, aunque sean necesarias máquinas de gran tamaño para capacidades relativamente bajas.

### 3.4.2 Capacidad horaria

Para la selección de cilindros prelimpiadores es necesario consultar los catálogos y literatura técnica de varios fabricantes de prestigio. Debe tenerse cuidado al observar las características del producto que se estipula para la capacidad dada, pues generalmente los catálogos indican "con grano seco". La capacidad de prelimpieza de granos húmedos, es bastante menor que la que figura en los catálogos.

Lo mismo que en el caso de las zarandas planas, la capacidad está influida por el tipo de grano, por su humedad, por el nivel de impurezas iniciales y obviamente por el tamaño del cilindro o cilindros. Para que un cilindro prelimpiador trabaje a plena capacidad, es necesario que el flujo de grano se distribuya uniformemente a todo lo ancho del cilindro, graduando convenientemente las pesas reguladoras o la compuerta mecanizada.

El segundo cilindro, un poco más pequeño, que se encuentra en algunos diseños, sirve para recuperar el grano bueno que pudo haber salido con las impurezas grandes. El uso de una prelimpiadora de éste tipo con flujos mayores a los indicados, causará que se pierda una buena proporción de granos enteros al salir mezclados con las impurezas.

### 3.4.3 Potencia necesaria

La potencia necesaria para hacer girar los cilindros es muy baja. Sin embargo, la aspiración de aire en éstas máquinas es de consideración y por lo tanto, el motor para el ventilador (o ventiladores, en equipos de alta capacidad), es el que define el consumo de energía.

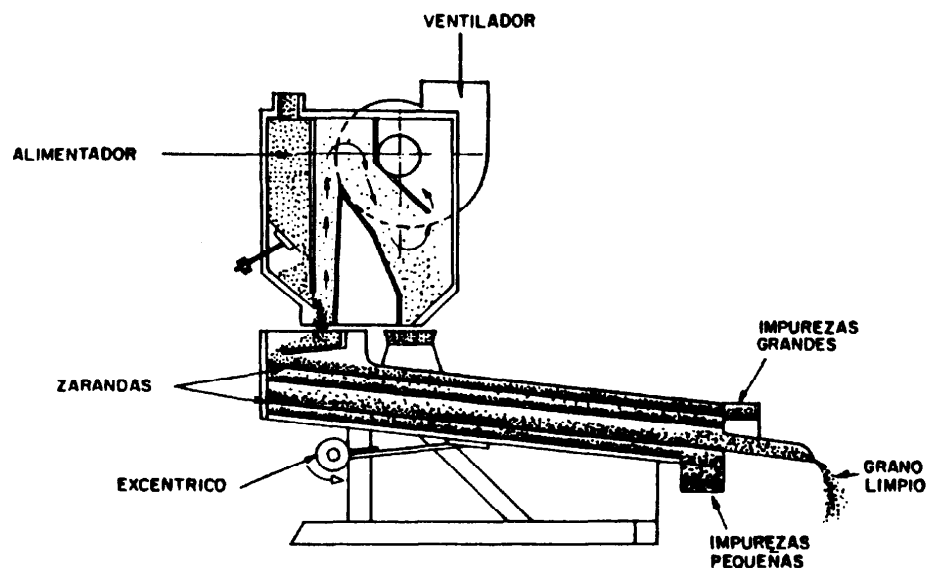
## 3.5 Limpiadoras y clasificadoras de zarandas

Las limpiadoras y clasificadoras de zarandas se basan en el mismo principio de las prelimpiadoras. La diferencia consiste en que están compuestas por un mayor número de zarandas o "pisos", para lograr con ello una efectiva separación de las impurezas.

La capacidad horaria depende, como en los casos anteriores, de la humedad del producto, del tipo de grano y de la separación más o menos precisa que se quiera dar en el proceso. Para una limpieza normal de arroz cáscara, por ejemplo, son suficientes dos o tres zarandas. Para la clasificación de semillas, en cambio, se necesitan al menos cuatro o cinco pisos en la máquina.

**Figura 6**

**Esquema de limpiadora de zarandas**



Las capacidades horarias de las limpiadoras son bastante menores que para las prelimpiadoras del mismo tamaño. Es decir, que para una misma capacidad, la limpiadora es más voluminosa.

Lo mismo que en los casos anteriores, el movimiento oscilatorio del conjunto requiere poca potencia, y es el ventilador el que consume la mayor parte de la misma. Por ejemplo, un modelo comercial de limpiadora-clasificadora, con un rendimiento de cinco a seis toneladas por hora, tiene un área de zarandas de 12 m<sup>2</sup>, y un consumo de energía de 7,5 HP.



## SECADO DE GRANOS Y SEMILLAS

Esta sección sobre secado de granos y semillas presenta las características fundamentales del proceso, como una guía para los agentes de extensión de los Organismos de Apoyo. Se recomienda complementar lo indicado en este capítulo con el libro "*Secado de Granos y Secadoras*" producido por la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. (Serie Tecnología Postcosecha 11, Carlos A. de Dios, 1996).

### 4.1 El grano como un ser vivo e higroscópico

Los granos, (cereales y leguminosas secas) son seres vivos que respiran y tienen un metabolismo activo, aún después de separados de la planta. Por lo tanto, sus condiciones de vida y conservación son diferentes para distintos niveles de humedad.

En la mayor parte de los casos, y especialmente en las zonas tropicales y subtropicales, la humedad de los cereales y granos al momento de la cosecha, *es superior a la conveniente para lograr su almacenamiento y procesamiento adecuados*. De aquí que sea necesario secar artificialmente los granos una vez cosechados, para preservar su calidad.

La actividad metabólica de los granos se evidencia por la respiración que consume oxígeno y parte de la materia misma del grano, produce anhídrido carbónico y agua, y sobre todo, causa recalentamientos en la masa de los productos.

Esta actividad de respiración y calentamiento es mayor y mucho más rápida cuando se tienen humedades altas en los granos. Aunque el secado natural en la mata sería el sistema más conveniente para conservar la calidad, raramente se puede obtener en el trópico, por las condiciones climáticas y de lluvias existentes en la mayor parte de las tierras cultivadas.

Los granos, lo mismo que todos los demás productos orgánicos de origen vegetal, son "**higroscópicos**", o sea que tienen la propiedad de absorber o ceder agua desde o hacia la atmósfera que los rodea. Existen pues, *puntos de equilibrio* entre la humedad de los granos y la de la atmósfera circundante. Este fenómeno de la "**humedad de equilibrio**" es de suma importancia en el secado artificial de los productos y se analizará en detalle más adelante.

## 4.2 Presencia del agua en los cereales y granos

La humedad en los granos se encuentra presente en tres formas:

- a) **Agua libre o superficial**, que es la que se deposita en la superficie de los granos, por lluvia o rocío y es la más sencilla de retirar de un producto por medio del secado artificial, mediante un proceso de evaporación utilizando aire con o sin calor adicional.
- b) **Agua de absorción**, que se encuentra en forma de vapor, en los espacios intercelulares del grano, por lo que es más difícil de evaporar. Por lo tanto debe crearse un desequilibrio con la humedad ambiente, que permita que la humedad se transfiera del centro del grano a la superficie.
- c) **Agua de constitución**, que es la que se encuentra químicamente ligada a los otros componentes del grano y que por lo tanto, no se puede retirar sin que exista una descomposición o cambio estructural en el grano. La calcinación de una muestra de granos en un horno de laboratorio, es un ejemplo de desecación completa y de destrucción del producto.

## 4.3 Medición de la humedad en los granos

Existen varios sistemas para medir la humedad en los granos, en base a las propiedades físicas o químicas de los productos. La selección de un determinado método depende en primer lugar de la exactitud que se quiera tener en la medición, y en segundo lugar, del uso que se va a dar al producto.

A nivel de campo es muy común que los agricultores y técnicos calculen el nivel de humedad de los productos usando la uña o los dientes para "sentir" si el grano está seco. De igual manera, se puede conocer aproximadamente la humedad del arroz cáscara frotando unos granos en la mano.

Para tener una idea aproximada de la humedad de un grano al momento de la compra o transporte, pueden usarse aparatos electrónicos rápidos, manuales o de escritorio. En cambio, para experimentos de laboratorio e investigación, será necesario contar con sistemas muy precisos de medición de la humedad, obviamente más costosos.

### 4.3.1 Normas para la medición de la humedad

Hay dos normas para la representación de la humedad en los cereales y granos:

- a) Humedad en "**base húmeda**", que se mide como un porcentaje del peso total de la muestra. Este sistema es el más comúnmente usado en el manejo comercial de los granos.

Matemáticamente se representa como:

$$H(\text{bh}) = (\text{Pa}/(\text{Pa}+\text{Pms}))\cdot 100$$

En donde:

**H(bh)** = Humedad de la muestra en base húmeda

**Pa** = Peso del agua en la muestra

**Pms** = Peso de la materia seca.

En esta fórmula, Pa+Pms equivale al peso total de la muestra.

- b) Humedad en "base seca", que se calcula como un porcentaje de la materia seca, únicamente. Se usa en cálculos científicos, principalmente, y su representación matemática es como sigue:

$$H(\text{bs}) = (\text{Pa}/\text{Pms})\cdot 100$$

### 4.3.2 Sistemas para medir la humedad en los granos

Hay varios sistemas a nivel de laboratorio para la toma precisa de la humedad de muestras de granos, llamados sistemas *directos o primarios*. Los más importantes, son:

- a) **Horno al vacío u horno ventilado**, en los cuales se seca la muestra generalmente pulverizada, por períodos considerables de tiempo, de 2 a 72 horas a temperaturas de 100 a 130°C. Los tiempos de permanencia y las temperaturas son diferentes para cada grano, de acuerdo a normas internacionales.
- b) **Destilación fraccionada Brown-Duvel**, considerado como el patrón para la graduación de otros medidores, que consiste en la evaporación y posterior destilación de la humedad de la muestra, que se ha mezclado con aceite mineral y calentado a 200°C. El aparato recoge la humedad en forma de agua, y el proceso toma cerca de 30 minutos.

A nivel comercial, para la toma rápida de humedad en muestras pequeñas de granos, hay disponibles diversos medidores, llamados de *sistema indirecto*, porque consideran alguna característica física o eléctrica del producto. Los principales, son:

- a) **El método de resistencia eléctrica**, que se basa en el hecho de que la *resistencia eléctrica* o conductividad de un producto depende de su contenido de humedad. Los medidores de éste sistema, como por ejemplo, el medidor "Universal", traducen los valores de conductividad a valores de humedad, de acuerdo a tablas que son específicas para cada producto.
- b) **El método dieléctrico**, ya que la *capacitancia* o propiedades dieléctricas de los granos también dependen de su humedad. En el medidor "Steinlite", por ejemplo, el grano se coloca en medio de dos placas que miden la capacitancia de acuerdo a la humedad que contenga, y traducen éstos resultados a porcentajes de humedad en base húmeda.

Los medidores comerciales de humedad se basan en uno de estos dos principios, y son más o menos precisos, dependiendo del tamaño de la muestra, del cuidado del operario y del precio del aparato.

## 4.4 Concepto de "humedad de equilibrio"

Todos los cereales y granos (como otros muchos productos), tienen una relación bastante precisa entre su humedad y la humedad del ambiente que los rodea. A esto se llama "**humedad de equilibrio**". Sin embargo, este equilibrio no es constante para un determinado grano, ni siquiera para una variedad, o zona geográfica. Por lo tanto, los valores que se usan para cálculos de secado y almacenamiento, son aproximaciones basadas en experimentos de laboratorio e investigación aplicada, suficientemente precisos para estos fines.

Existe pues, para cada grano, un valor de humedad que se encuentra **en equilibrio** con una humedad relativa dada. Esto quiere decir que si se encuentra en equilibrio, *no hay transferencia de humedad del producto al aire o viceversa*. Un grano muy *húmedo*, por ejemplo, no se encuentra en equilibrio con un aire seco, y por ello habrá una transferencia de la humedad del grano, más húmedo hacia el aire, más seco.

## 4.5 La Psicrometría aplicada al secado de granos

La psicrometría es el estudio de las propiedades del aire, como son el calor, la temperatura, humedad, presión de vapor, energía, etc. Su conocimiento, sobre todo de los conceptos esenciales, es definitivo para comprender el por qué del secado de los granos y de las íntimas relaciones que existen entre el aire de secado y los granos.

El estudio de la psicrometría es complejo y está fuera de los objetivos de este manual. Se recomienda consultar textos sobre la materia para ampliar los conceptos aquí expresados, o el libro sobre secado de granos indicado al comienzo del capítulo.

### 4.5.1 Definición de las propiedades del aire

Las propiedades del aire que aparecen en una carta psicrométrica y que se mencionan en los estudios sobre secado de granos, son varias y complejas. Sin embargo, solo se mencionan aquí las tres más importantes:

- a) **Temperatura de bulbo seco:** Es la temperatura del aire, como se mide con un termómetro común, en grados centígrados (°C), o Fahrenheit (°F).
- b) **Temperatura de bulbo húmedo:** Es la temperatura registrada por un termómetro cuyo bulbo ha sido cubierto con un paño húmedo. Esta temperatura es menor que la de bulbo seco y la diferencia representa un fenómeno de evaporación del agua que cubre el bulbo. El calor necesario para tal evaporación la suministra el aire circundante.

Un ejemplo práctico de la vida diaria está dado por la sensación de frescura que da una corriente de aire en las manos húmedas. En éste caso, el calor de evaporación del agua lo dan las manos.

- c) **Punto de rocío** o de condensación: Es la temperatura a la cual se inicia la condensación de la humedad ambiente. Equivale al 100% de humedad relativa, e indica que ese



aire ya no puede contener más humedad en forma de vapor de agua.

Un ejemplo práctico, es el rocío que aparece en las superficies frías durante la noche, (vidrios, superficies metálicas), cuando ha bajado la temperatura y se ha llegado al 100% de humedad relativa.

- d) **Humedad Relativa:** La humedad relativa es la relación que existe *entre la cantidad de vapor de agua contenida en un volumen de aire, y la cantidad máxima que este aire podría contener al punto de estar saturado*, o sea, al punto de rocío. La humedad relativa, expresada generalmente en porcentaje, se representa como HR, y es tal vez, la característica del aire que está más relacionada con el secado de los granos.

#### 4.6 Humedades de equilibrio de los granos

Se ha visto que la humedad de equilibrio de los granos no es fija para todas las condiciones ambientales y del producto. Los valores experimentales que se conocen en publicaciones especializadas, se refieren a determinadas variedades del producto, y a condiciones de humedad y temperatura ambiente específicas. Sin embargo, para efectos prácticos, se indican a continuación los valores aproximados de humedades de equilibrio de diversos productos, que pueden ser usados para ejercicios y cálculos de secado y aireación.

**Cuadro 4**

**Humedades de equilibrio de algunos productos**

Producto	Humedad Relativa %								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Humedades de equilibrio, %								
Fréjol	5,4	7,2	8,8	10,1	11,5	12,8	14,4	16,4	19,4
Arroz cáscara	4,6	6,5	9,1	10,2	11,2	12,3	13,5	15,1	17,5
Arroz integral	5,9	8,0	9,5	10,9	12,2	13,3	14,1	15,2	19,1
Arroz blanco	5,1	7,6	9,0	10,3	11,5	12,6	12,8	15,4	18,1
Maíz amarillo	5,1	7,0	8,3	9,8	11,2	12,9	14,0	15,6	19,6
Maíz blanco	5,1	7,2	8,5	9,8	11,2	12,9	13,9	15,5	18,9
Sorgo	4,4	7,3	9,3	10,4	11,5	12,7	14,1	15,8	18,4
Soya	5,5	6,5	7,1	8,0	9,3	11,5	14,8	18,8	19,0
Trigo blando	4,3	7,2	9,4	10,6	11,9	13,2	14,7	16,6	19,4
Trigo duro	4,4	7,2	8,5	9,7	10,9	12,5	13,9	15,8	19,7

El cuadro 4 recoge datos experimentales realizados por varios investigadores. La temperatura de los ensayos fue de 20°C. Los valores pueden variar ligeramente, dependiendo de la fuente que se consulte.

## 4.7 Evolución de las necesidades de secado

Desde hace siglos, los agricultores han secado en forma muy simple sus cosechas en pequeñas cantidades, para cubrir las necesidades de sus familias. Sin embargo, con el advenimiento de las variedades de alto rendimiento y con la tecnificación de la agricultura en este siglo, las necesidades de secado artificial aumentaron en forma dramática. La necesidad de secado rápido y efectivo se hizo evidente cuando se empezaron a cosechar grandes cantidades de granos en corto tiempo, con la introducción de cosechadoras mecanizadas y con humedades muy por encima de las recomendables para un almacenamiento adecuado, al permitir esta tecnificación el uso intensivo de la tierra.

El secado artificial mecanizado de los cereales es pues, una tecnología relativamente nueva, cuyo mayor desarrollo se ha visto en Europa, Norte América, y Argentina en el Cono Sur. Sin embargo, es en los países tropicales y subtropicales donde hay la necesidad de secar oportunamente, ya que las condiciones atmosféricas son más difíciles para el mantenimiento de la calidad de los productos: las humedades relativas son en general altas y algunas de las cosechas coinciden con las temporadas de lluvias.

## 4.8 Objetivos del secado de los granos

Los objetivos del *secado oportuno* de los granos, son:

- a) **Prevenir la germinación de las semillas**, porque los granos son seres vivos y como tales empiezan a germinar bastante pronto, si las condiciones de humedad y temperatura son adecuadas.

Estas son las condiciones que generalmente existen en los granos cosechados en forma mecanizada, pues se comienzan a cortar cuando el grano llega a su madurez fisiológica, con humedades por encima del 18-20%.

- b) **Prevenir el crecimiento de hongos y bacterias**. Las condiciones de *alta humedad y temperatura* son las ideales para el rápido desarrollo de hongos y bacterias en los granos. El daño causado es enorme porque confieren olores y sabores extraños y sobre todo, porque algunos producen sustancias altamente tóxicas para el hombre y los animales.
- c) **Mantener la calidad del producto**. La respiración del grano aumenta rápidamente con las humedades y temperaturas altas, lo que produce a su vez, calor y humedad, de modo que se convierte en un proceso auto alimentado de deterioro cada vez más rápido hasta la total destrucción del grano. El secado y la aireación de los cereales resuelven éstos problemas al rebajar ya sea la temperatura, la humedad o ambas, disminuyendo a un mínimo la actividad biológica del producto.
- d) **Prevenir o demorar la invasión de insectos**. Las altas humedades y temperaturas propician la proliferación de insectos dañinos a los granos. El secado de los productos a niveles seguros, disminuye la actividad de los insectos y los daños causados por ellos. Sin embargo, la reducción de la humedad por sí sola no es suficiente para pre-

venir del todo el ataque de insectos.

- e) **Aumentar el tiempo de almacenamiento de los granos.** El período de almacenamiento seguro de los granos es muy corto con humedades altas. Por ello, el secado puede aumentar ese tiempo de almacenamiento hasta varios meses y aún años.

#### 4.9 Actividad biológica de los granos

En general, los granos se recolectan cuando llegan a su madurez fisiológica y tienen, por lo tanto, humedades muy por encima de las convenientes para un almacenamiento prolongado. Los granos, como seres vivos, continúan respirando y produciendo **Calor**, que se disipa lentamente dentro de la masa de granos, **Vapor de agua**, que aumenta su tenor de humedad, y **Bióxido de carbono**.

Esta actividad biológica deteriora rápidamente los granos pues consume parte de los componentes del mismo, y al calentarlos, disminuye su período seguro de almacenamiento.

#### 4.10 Tiempo seguro de almacenamiento

El tiempo de *almacenamiento seguro* de un grano aumenta cuando se consiguen condiciones de *humedades y temperaturas bajas en el grano*. A lo anterior ayuda que la *temperatura ambiente y la humedad relativa sean también bajas*. Lo anterior se evidencia en los países de las zonas templadas y frías, que no sufren nunca los problemas de zonas más calientes, facilitando la conservación de sus productos agrícolas.

En términos generales, la humedad segura para un almacenamiento de más de seis meses, es del 12 al 13%. Para períodos más cortos, se puede almacenar al 14%, si existe un control adecuado de la calidad en el almacén. A continuación se presentan tres cuadros que indican el tiempo seguro de almacenamiento de arroz, trigo y maíz, a diversas humedades. Estos cuadros consideran los tiempos seguros para que no se presente una pérdida de materia seca por el metabolismo del grano. Los tiempos de almacenamiento para humedades por debajo del 14% en la práctica, pueden ser mayores a los indicados.

**Cuadro 5**

#### **Tiempo seguro de almacenamiento de arroz, en días**

Temperatura. del Arroz,	Almacenaje seguro, en días, a las humedades indicadas					
	14,0%	15,5%	17,0%	18,5%	20,0%	21,5%
°C						
38	8	4	2	1	0	0
32	16	8	4	2	1	0
27	32	16	8	4	2	1
21	64	32	16	8	4	2

**Cuadro 6****Tiempo seguro de almacenamiento de trigo, en semanas**

Temperatura del trigo, °C	Contenido de humedad						
	13,5%	14,5%	15,5%	16,5%	17,5%	19,5%	23,0%
	Tiempo seguro de almacenamiento en semanas						
20	28	19	13	7	3,5	1,5	0,5
15	50	30	20	12	6	3	1
10	95	60	38	20	11	4,5	1,5

Por encima de los límites mostrados, la calidad del arroz se deteriora muy rápidamente y la germinabilidad del trigo disminuye notoriamente. Puede observarse cómo el arroz es mucho más delicado que el trigo, pues sus tiempos seguros de almacenamiento son de pocos días, para humedades altas.

El Cuadro 7 se basa en el daño físico y de calidad del maíz almacenado bajo esas circunstancias. Puede observarse que las bajas temperaturas permiten una conservación mucho más prolongada, lo mismo que las bajas humedades en el grano.

**Cuadro 7****Tiempo seguro de almacenamiento de maíz, en días**

Temperatura de Almacenamiento		Contenido de humedad del maíz			
°F	°C	15%	20%	25%	30%
		Tiempo seguro de almacenamiento en días			
75	23,88	116	12	4	2
70	21,11	155	16	5	3
65	18,33	207	21	7	4
60	15,55	259	27	9	5
55	12,77	337	35	12	7
50	10,00	466	48	17	10
45	7,22	726	75	27	16
40	4,44	906	94	34	20
35	1,06	1.140	118	42	25

**4.11 Proceso del secado de los granos**

Durante el secado de los granos, se presentan dos fenómenos:

- a) **La transferencia de calor** para evaporar los fluidos, o sea el calor cedido por el aire al grano, creando un desequilibrio entre las humedades del grano y la ambiente, y
- b) **La transferencia de masa**, en la forma de humedad interna y vapor, del grano al aire.

En términos simples se puede decir que la transferencia de la humedad se realiza mientras exista un *desequilibrio entre la humedad del grano y la humedad relativa del aire de secado*. Esto equivale a decir que para que haya secado, se necesita que la HR del aire esté por debajo de la humedad de equilibrio del grano que se está secando.

#### 4.12 Fuentes de calor para el secado de los granos

El calor necesario para secar los granos proviene de dos fuentes:

- a) **El calor latente del aire**, que se refleja en la capacidad de absorber la humedad de los cuerpos que lo rodean.
- b) **Una fuente externa de energía calórica**, que puede ser el sol o combustibles orgánicos o derivados del petróleo. El sol ha sido por siglos la fuente de energía más utilizada para el secado no solo de granos sino de toda clase de productos. Los combustibles orgánicos, como la leña, también son ampliamente usados, pero fueron en gran medida desplazados por los derivados del petróleo, por ser más fáciles de usar.

#### 4.13 Transmisión del calor

En todo proceso de secado, el calor se transmite de tres formas:

- a) **Por conducción**, o sea el calor transmitido por contacto, de un cuerpo al otro. Por ejemplo, los granos colocados en una superficie caliente.
- b) **Por radiación**, que es el fenómeno de transmisión del calor que no requiere contacto directo entre la fuente de calor con el objeto secado. La radiación ocurre entre superficies calientes, como entre las paredes de la secadora y el grano que no está en contacto con ellas. Por ejemplo, el calor del sol llega a la tierra por radiación.
- c) **Por convección**, que es el más frecuente de los casos, cuando el calor es llevado por una corriente de aire o de otro fluido que pasa a través de la masa de granos.

#### 4.14 Temperaturas apropiadas para el secado

La temperatura del aire de secado está limitada por varios factores:

- a) **Por ser el grano un ser vivo**, sobre todo en el caso de las semillas, para las cuales una temperatura elevada puede influir negativamente en su germinabilidad.
- b) **Para evitar secamientos muy pronunciados** del grano en algunas regiones de la secadora, sobre todo en secadoras estáticas.
- c) **Para prevenir grietas** en granos delicados como el arroz.

Se debe recordar que en todo proceso de secado con aire caliente, el producto húmedo siempre estará a *temperaturas inferiores* a las del aire, por el fenómeno de evaporación de la humedad que se retira del grano.

Las temperaturas recomendables para secadoras estáticas, esto es, cuando el producto no está en movimiento, son las siguientes:

**Cuadro 8**

**Temperaturas recomendables del aire de secado para secadoras estáticas**

Producto	Finalidad o uso de los granos	
	Semilla	Consumo
Arroz cáscara	40°C	45°C
Fréjol	40°C	45°C
Maíz	40°C	60°C

Las temperaturas recomendables en secadoras de recirculación y para todas aquellas en las cuales el grano está en movimiento, son las siguientes:

**Cuadro 9**

**Temperaturas recomendables del aire de secado para secadoras con grano en movimiento**

Producto	Finalidad o uso de los granos	
	Semilla	Consumo
Arroz	45°C	50°C
Fréjol	40°C	45°C
Maíz	40°C	60°C
Sorgo	40°C	60°C
Soya	40°C	60°C

Las temperaturas utilizadas en secadoras comerciales de gran tamaño son generalmente superiores a las indicadas en el cuadro anterior, sobre todo si se usan con productos comerciales como sorgo o maíz para alimentos balanceados, etc.

**4.15 Secado no homogéneo en los granos**

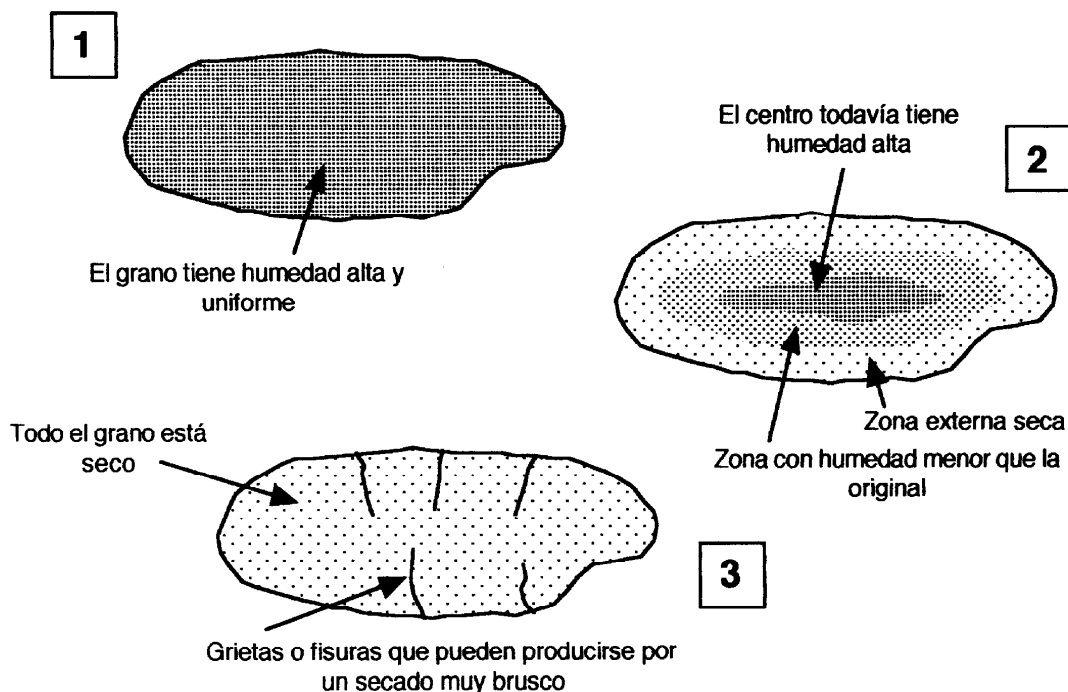
La transmisión del calor y por lo tanto el secado en los granos no es uniforme. Este fenómeno se presenta tanto en un grano individual como en un lote de granos, en los cuales habrá partes que se secan más rápido que otras.

Considerando el secado de *un grano en particular*, parte de la humedad presente en el grano se evaporará y será absorbida por el aire. Cada grano estará pues en desequilibrio

con la humedad relativa del aire de secado, por lo que la humedad se desplazará dentro del grano de la zona de más alta humedad a la de menor humedad.

**Figura 7**

**Esquema de un grano durante el secamiento**



Por esta razón, hay un desplazamiento de la humedad desde el centro del grano hacia la periferia. El agua superficial es la primera en evaporarse y luego la humedad que se encuentra en las capas más o menos internas del grano. La humedad que se encuentra en el centro del grano, por lo tanto, tardará más en desplazarse al exterior.

Este fenómeno causa tensiones en el mismo, lo que puede crear fisuras muy pequeñas en el endospermo, que luego se evidencian al causar granos partidos durante el procesamiento, como en el caso del arroz. Un secado muy rápido, o con temperaturas elevadas causa seguramente mayor daño a los granos que uno dentro de límites aceptados.

El proceso de secado de una masa de granos tampoco es uniforme, por varias causas. En primer lugar, la distribución del aire caliente en las secadoras no es uniforme, de modo que no todos los granos reciben la misma cantidad de calor y de flujo de aire. Por otra parte, el aire de secado se humedece al atravesar la columna de granos y por ello, su capacidad desecante no es constante. Los granos situados cerca de la fuente de calor se secan primero, o a niveles de humedad menores.

Generalmente, en un proceso de secado se presentan tres zonas en la masa de granos, como se observa en la figura 8.

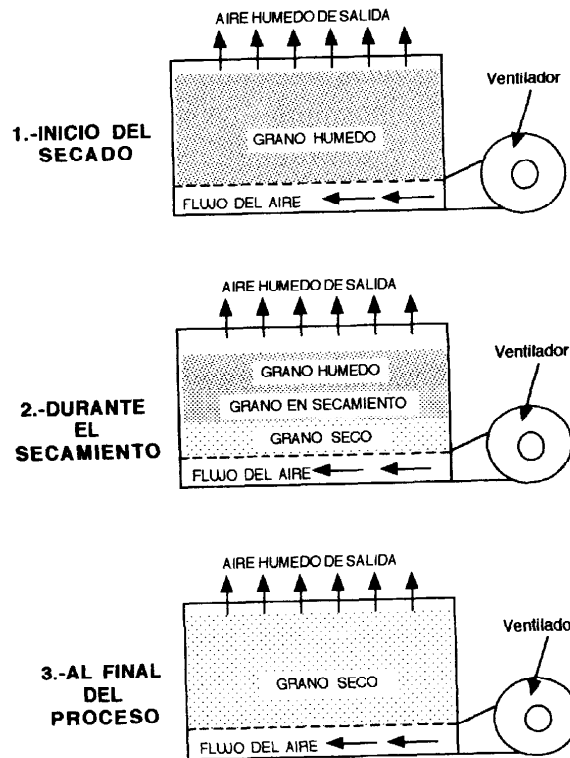
- a) Una zona de **grano seco**,
- b) Una zona o **frente de secado**, y
- c) Una masa de **grano húmedo**.

Este fenómeno es mucho más evidente en las secadoras estáticas, o sea cuando el grano no se encuentra en movimiento. En este tipo de secadora, el "**frente de secado**" se va desplazando lentamente hasta llegar a la capa más alejada de la entrada del aire. Cuando esto sucede, todo el grano de la secadora estará seco.

Cuando se está secando grano muy húmedo, puede suceder que las capas más alejadas de la fuente de aire se humedezcan aún más, al condensarse el vapor de agua de las capas inferiores. Este es un fenómeno que debe tenerse en cuenta, al tomar mediciones superficiales de la humedad. También se debe tener en cuenta que la temperatura del aire de secado no debe ser alta, porque se corre el riesgo de secar demasiado las capas cercanas al piso perforado o a los ductos del aire.

**Figura 8**

### **Secamiento no homogéneo en una secadora estática**





La diferencia de humedad entre los granos en una secadora estática será mayor para temperaturas mayores de secado. Esta diferencia puede ser del 2 al 4%, que no representa un problema mayor, pues al vaciarse la secadora hay una mezcla de los granos más secos con los más húmedos, los cuales tienden a homogeneizar la humedad final. Este fenómeno es importante en granos delicados como el arroz.

## 4.16 Criterios para definir los sistemas de secado

Los sistemas de secado más utilizados para granos se pueden catalogar de acuerdo a varios criterios:

### 4.16.1 El momento del secado:

- a) **El secado natural**, que se realiza en el campo, antes de separar el grano de la planta como en el caso del maíz, cuando se deja doblado por un período de tiempo antes de la cosecha. El secado natural es en general, un proceso lento que depende y es afectado por muchos factores que no son controlables por el hombre.
- b) **El secado artificial**, que es todo aquel que usa medios mecánicos o manuales para bajar el nivel de humedad del producto, una vez que éste ha sido cosechado. En ésta categoría se encuentran todas las secadoras mecánicas y también el secado al sol.

### 4.16.2 Temperatura del aire de secado

- a) Secado con **aire natural**, que no usa calentamiento adicional.
- b) Secado con **aire caliente**, que usa una fuente externa de calor para aumentar el poder de absorción de humedad que tiene el aire.

### 4.16.3 Sistema de insuflar el aire de secado

- a) Secado con **ventilación natural**, cuando no hay sistema mecánico para mover el aire,
- b) Secado con **ventilación forzada**, cuando se usa un ventilador para tal efecto.

### 4.16.4 Duración del proceso de secado:

- a) Puede ser un **secado lento** como el que se realiza en silos metálicos, especialmente en países de zonas templadas y frías. Este proceso puede durar varias semanas y no es recomendable para las zonas tropicales.
- b) **Secado rápido**, cuando se produce en tiempos no mayores a unas horas. Las condi-

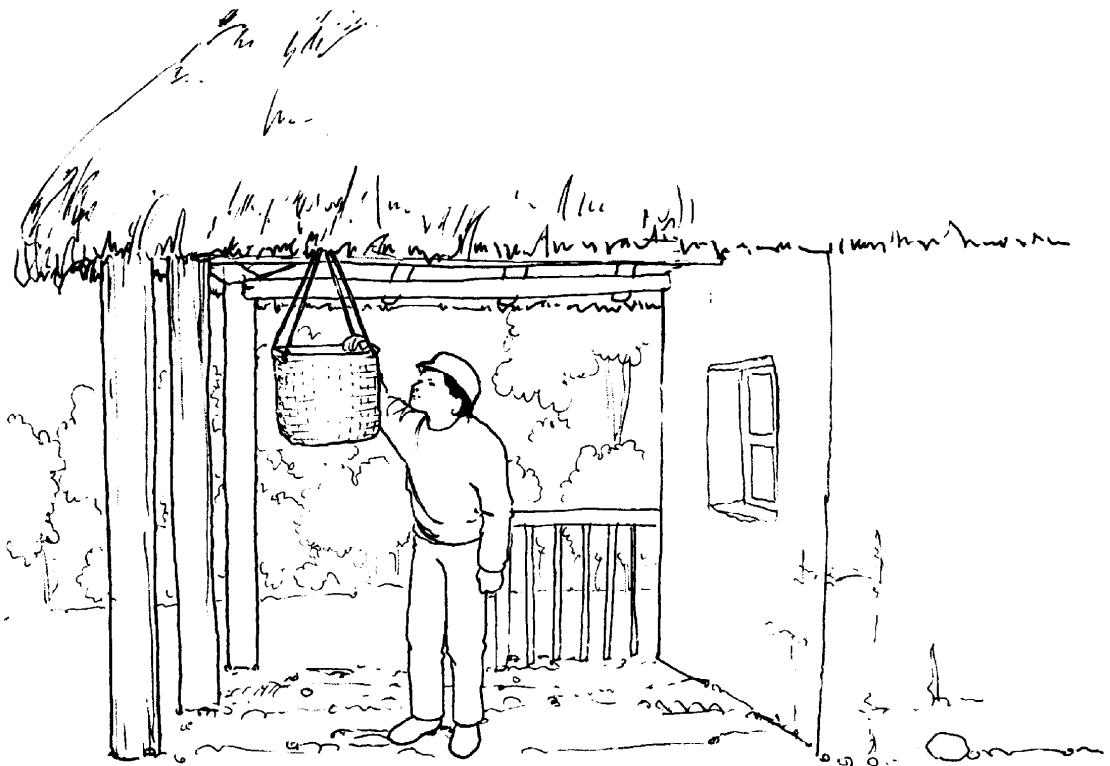
ciones ambientales de las zonas tropicales y subtropicales y las condiciones de humedad de los productos, obliga casi siempre a utilizar sistemas de secado artificial relativamente rápido, si se desea conservar la calidad del producto.

#### 4.17 Secado natural

El secado natural de los productos en el campo ha sido el sistema más utilizado desde el principio de los tiempos. En épocas modernas, es usado principalmente en zonas donde las condiciones atmosféricas son favorables para lograr una humedad adecuada del producto en un tiempo razonable, o sea antes de que se presenten grandes daños o deterioro en el producto.

**Figura 9**

#### **Secado de granos en canasta tejida para mazorcas**

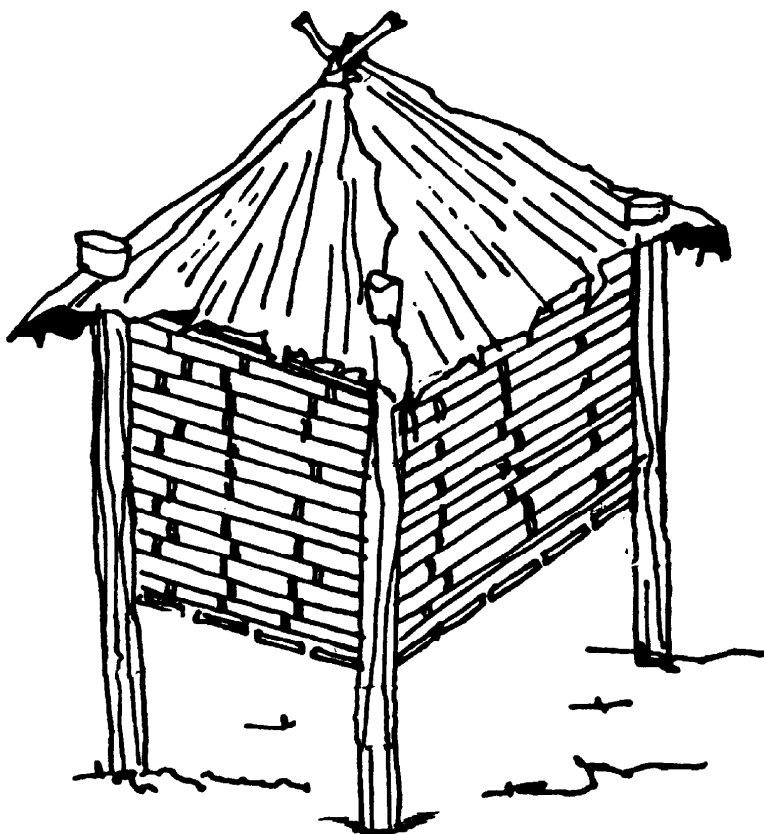


La "doble" de las mazorcas de maíz en la mata es otro ejemplo de secado natural. En éste caso, la motivación es de orden social y económico, aunque las pérdidas por hongos, roedores e insectos pueden ser sustanciales.

Otro sistema de secado natural que usa el viento y la energía solar, es el secado de mazorcas de maíz en un troje, que consiste en una estructura de almacenamiento sencilla construida con materiales locales, para una capacidad de 20 quintales en adelante.

**Figura 10**

**Troje para mazorcas de maíz**



En algunas zonas rurales es común encontrar mazorcas de maíz colgadas de los aleros de la casa, como un sistema para almacenar y secar los granos en forma natural. También se utilizan diversos recipientes tejidos, para permitir un secado lento de los productos, pero que presentan serios riesgos de daños y pérdidas por el ataque de roedores e insectos.

#### **4.18 Secado al sol**

El sol ha sido la fuente de energía más usada para el secado de los granos. Se utiliza el secado al sol de los productos cosechados tanto en el campo mismo, como en los lugares de recolección o procesamiento.

Las espigas se dejan en el campo formando pequeños montículos para lograr un secado preliminar, antes de transportar el producto ya trillado al centro de acopio. Es también común para pequeñas cantidades, generalmente en pisos de cemento o tendales; en superficies duras, como los caminos o en el borde de las carreteras.

El secado en el campo y el secado al sol ocurren por convección del calor mediante una débil corriente de aire, que puede ser la brisa o el viento. El secado en éste sistema no es homogéneo, pues el calor no está repartido por igual en todas partes, y hay granos que se secan más que otros. Por ello en los tendales, los agricultores mantienen con rastrillos el grano en movimiento para emparejar la humedad.

### 4.18.1 Tendales para secado al sol

El uso de tendales o patios de secado es muy simple y solo requiere que se mezcle el producto con rastrillos de madera para hacer el secado más homogéneo. Los tendales deben estar siempre limpios para prevenir la contaminación de los productos con tierra, piedras, excrementos de animales y otros contaminantes. *No debe olvidarse de que se trata del secado de alimentos para seres humanos.*

Los tendales son patios o pisos de cemento con refuerzo de varillas de hierro, sobretudo en zonas donde van a transitar vehículos, como en los patios de recibo de una piladora. Los tendales deben tener algunas características mínimas de diseño, para asegurar una operación adecuada:

- a) El piso debe ser plano y alisado para prevenir grietas y huecos y la acumulación de aguas lluvias, para lo cual debe tener un pequeño desnivel hacia los canales de desagüe.
- b) Debe estar protegido por un pequeño muro perimetral o una cerca de alambre de púas, que impidan la entrada de gallinas, perros, chanchos y otros animales que contaminan los alimentos.
- c) Nunca se debe usar el tendal para almacenar sacos o envases de productos químicos, ni siquiera temporalmente, por el peligro de contaminación.

### 5.18.2 Tamaño de los tendales

El tamaño depende de las cantidades y del movimiento de productos en la finca o empresa. Como para todo sistema, el tendal tiene límites de tamaño por encima de los cuales deja de ser práctico. Para capacidades mayores, la empresa debe pensar en instalar una secadora mecánica, más eficiente y que ocupa menos espacio.

El espacio necesario para secar **un quintal** de cereales o leguminosas es de **dos** metros cuadrados aproximadamente. Es decir que un tendal de 100 m<sup>2</sup> sirve para secar unos 50 quintales. (o 25 sacas de arroz cáscara).

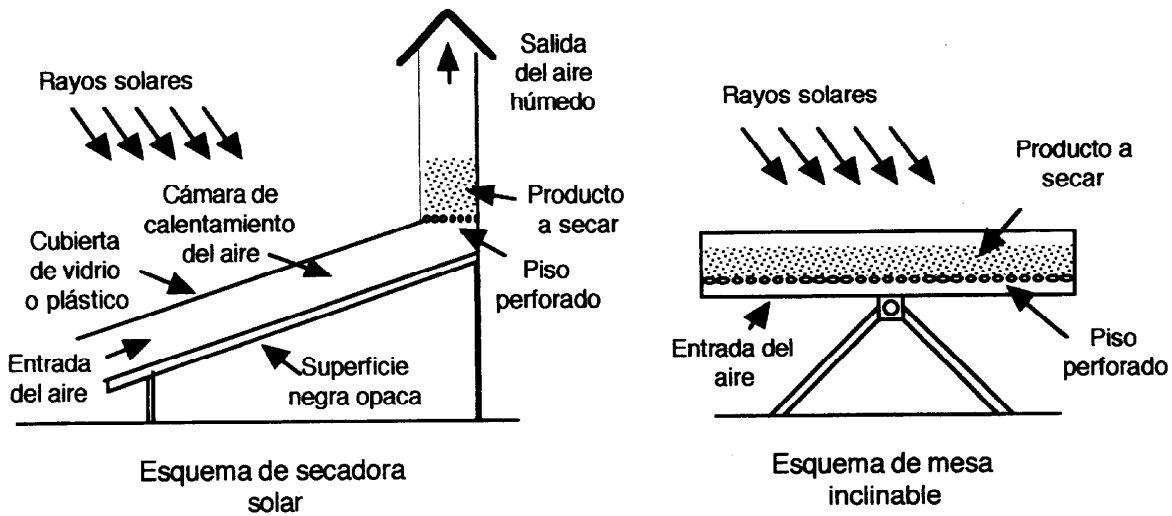
Por ejemplo, si los cálculos iniciales indican que van a ser necesarios varios cientos o miles de metros cuadrados de patios de cemento para la capacidad de la empresa, vale la pena estudiar otros sistemas más compactos y mecanizados, porque el manipuleo de los productos se vuelve engorroso y difícil en áreas muy grandes, y hay más riesgo de pérdidas por una lluvia repentina. Además, el costo de la mano de obra puede convertirse en un factor limitante.

## 4.19 Otros sistemas de secado solar

Los sistemas mejorados de secado con energía solar, como los que aparecen en la figura 11, son una alternativa viable. Sin embargo, y en términos generales, no se ha encontrado un sistema que sea práctico, rápido y rentable.

Figura 11

### Esquemas de secadoras solares



En ambos casos se usa la radiación solar y el efecto de invernadero para aumentar el poder desecante del aire. Los aumentos de temperatura del aire logrados en éstos equipos ha sido de seis a ocho grados centígrados por encima de la temperatura ambiente.

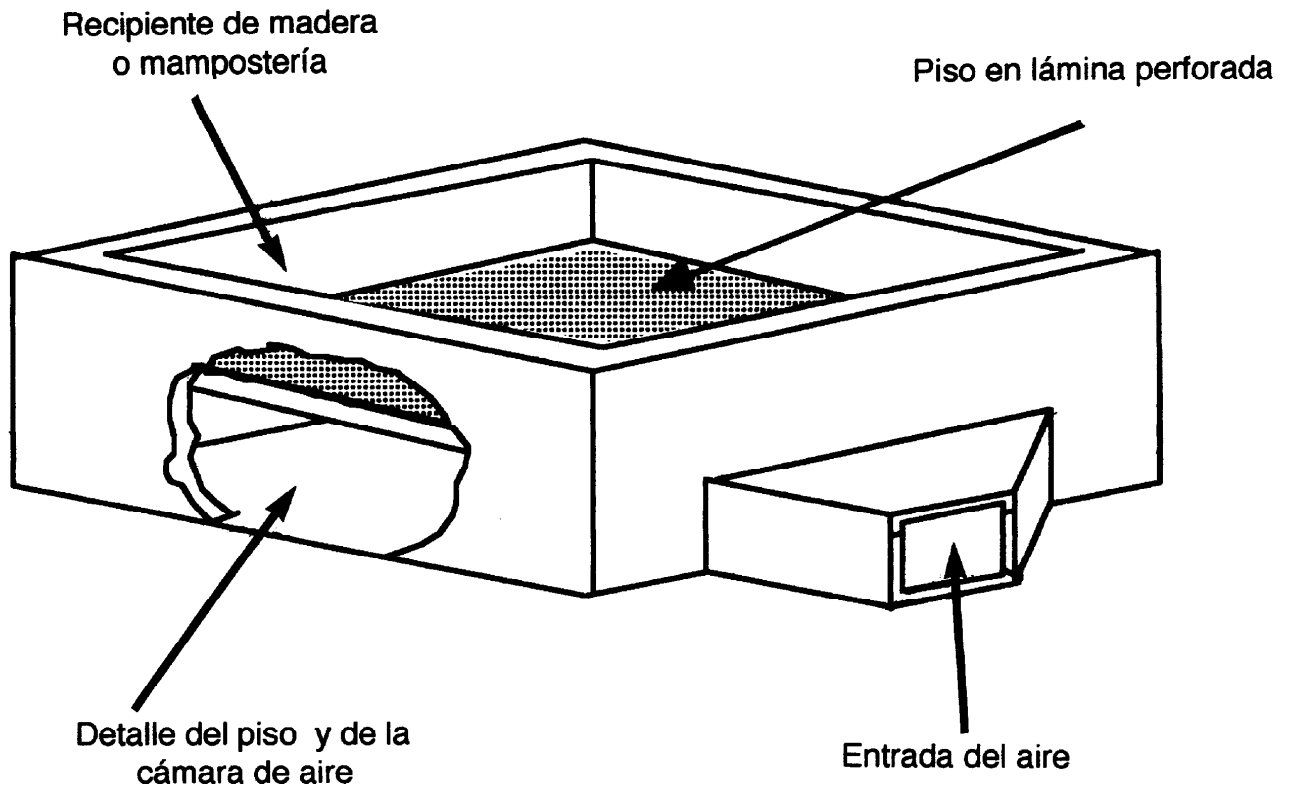
#### 4.20 Secado con aire natural, en secadoras estáticas

El secado de granos con aire natural movido mecánicamente por medio de un ventilador, puede usarse en determinadas circunstancias, si las condiciones ambientales lo permiten.

El secado con aire natural forzado es un sistema de secado lento, que se aplica en zonas de baja humedad relativa y bajas temperaturas. Su utilización en el trópico húmedo no es muy conveniente, pero no deja de ser una alternativa interesante en casos de emergencia, instalaciones provisionales en centros de acopio, etc.

**Figura 12**

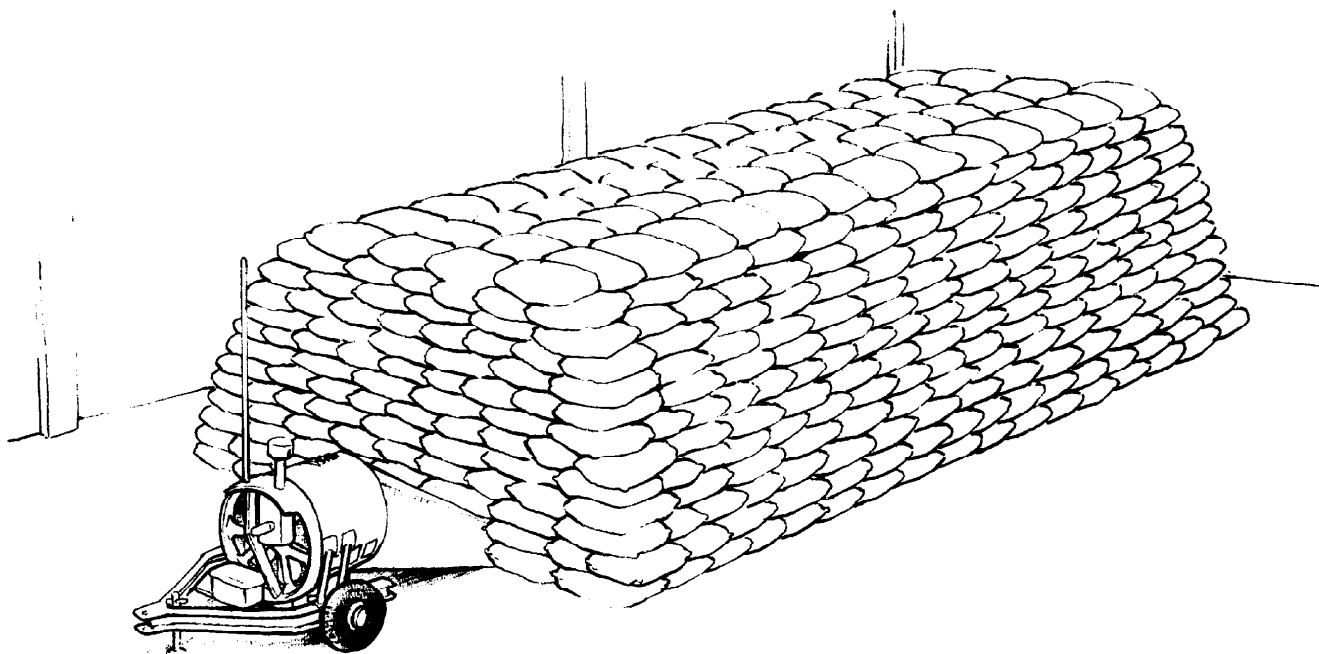
**Esquema de secadora "de alberca"**



La figura 12, muestra un ejemplo de secador "de alberca" o estático, con un abanico o ventilador acoplado a un piso perforado. La duración del secado puede ser de 10 a 15 horas.

**Figura 13**

**Secadora para sacos**



El segundo ejemplo es el sistema de secado en sacos, que aparece en la figura 13. Se puede utilizar el sistema con un ventilador acoplado directamente a un motor diesel o eléctrico de mediana potencia, que ventila un túnel formado por los mismos sacos. El secado se realiza continuamente por períodos de 24 horas o más.

#### **4.21 Secado con aire caliente**

Para solucionar los problemas y desventajas que presentan las secadoras de aire natural, el desarrollo industrial en la agricultura ha creado una serie de diseños y modalidades para el secado con aire caliente, que utilizan diversos sistemas mecanizados de transporte y manejo de los productos, en la mayoría de los casos.

Todos los sistemas de secado mecanizado, o secadoras comerciales, constan de los mismos elementos. Las variaciones se encuentran en el diseño de partes específicas y en los criterios usados en el diseño, en cuanto a eficiencia, capacidad, etc.

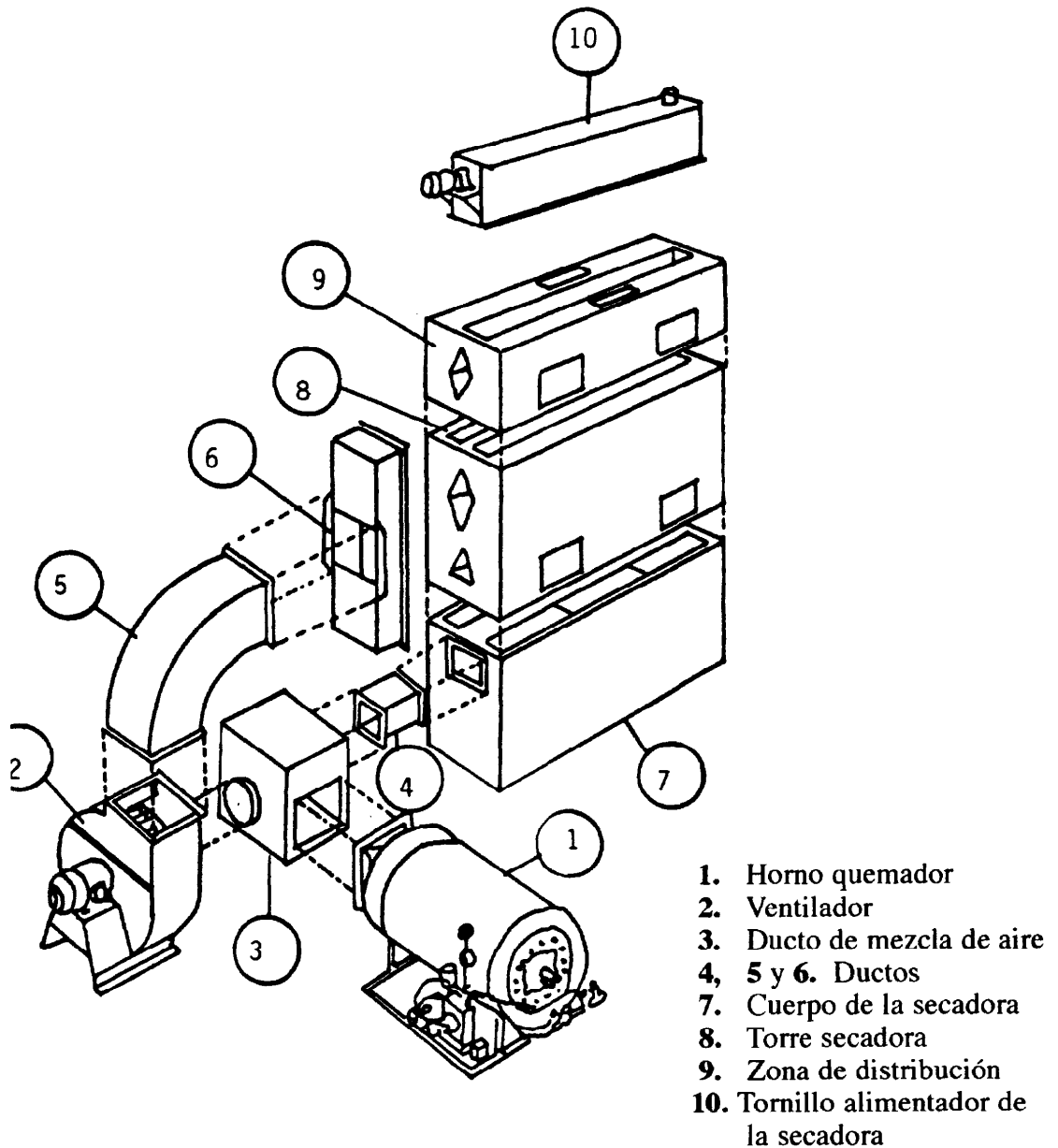
### 4.21.1 Componentes de una secadora para granos

Los componentes esenciales de una secadora, son:

- a) **Un ventilador**, para mover el aire de secado.
- b) **El cuerpo de la secadora**, que contiene el grano que se va a secar.

**Figura 14**

**Partes constitutivas de una secadora**



- c) **Una fuente de calor**, que puede ser un quemador para combustibles de origen vegetal o para derivados del petróleo, o una caldera para la producción de vapor.



- d) **Sistemas de control de temperatura**, de llenado de la máquina, y de combustión para prevenir incendios.

Otros componentes no esenciales, que están o no presentes de acuerdo al diseño del fabricante, son:

- e) **Ventilador adicional de aire frío**, para enfriamiento del grano antes de salir de la máquina.
- f) **Sistema de vaciado** a velocidad controlada y control de la humedad del grano a la salida del equipo.

#### 4.21.2 Clasificación de acuerdo al flujo de los granos

El secado de los granos se clasifica en tres grandes grupos, de acuerdo al flujo del producto:

- a) **Secado estático**, cuando el grano no tiene movimiento mientras se seca. Este tipo de proceso se analizó ya en el aparte correspondiente a las secadoras de aire natural.
- b) **Secado con recirculación**, en el cual el grano tiene movimiento dentro de la misma máquina.
- c) **Secado de flujo continuo**, cuando el grano pasa solamente una vez por la máquina y es llevado mecánicamente a un lugar de almacenamiento.

### 4.22 Secadoras estáticas

Las secadoras estáticas de aire caliente son las más sencillas y más económicas, ya que cuentan con sistemas más simplificados de manejo del grano. Como lo indica su nombre, el producto permanece estacionario en el recipiente de la máquina durante todo el proceso, sin que exista mezcla del grano u homogeneización de la humedad.

#### 4.22.1 Componentes de las secadoras estáticas

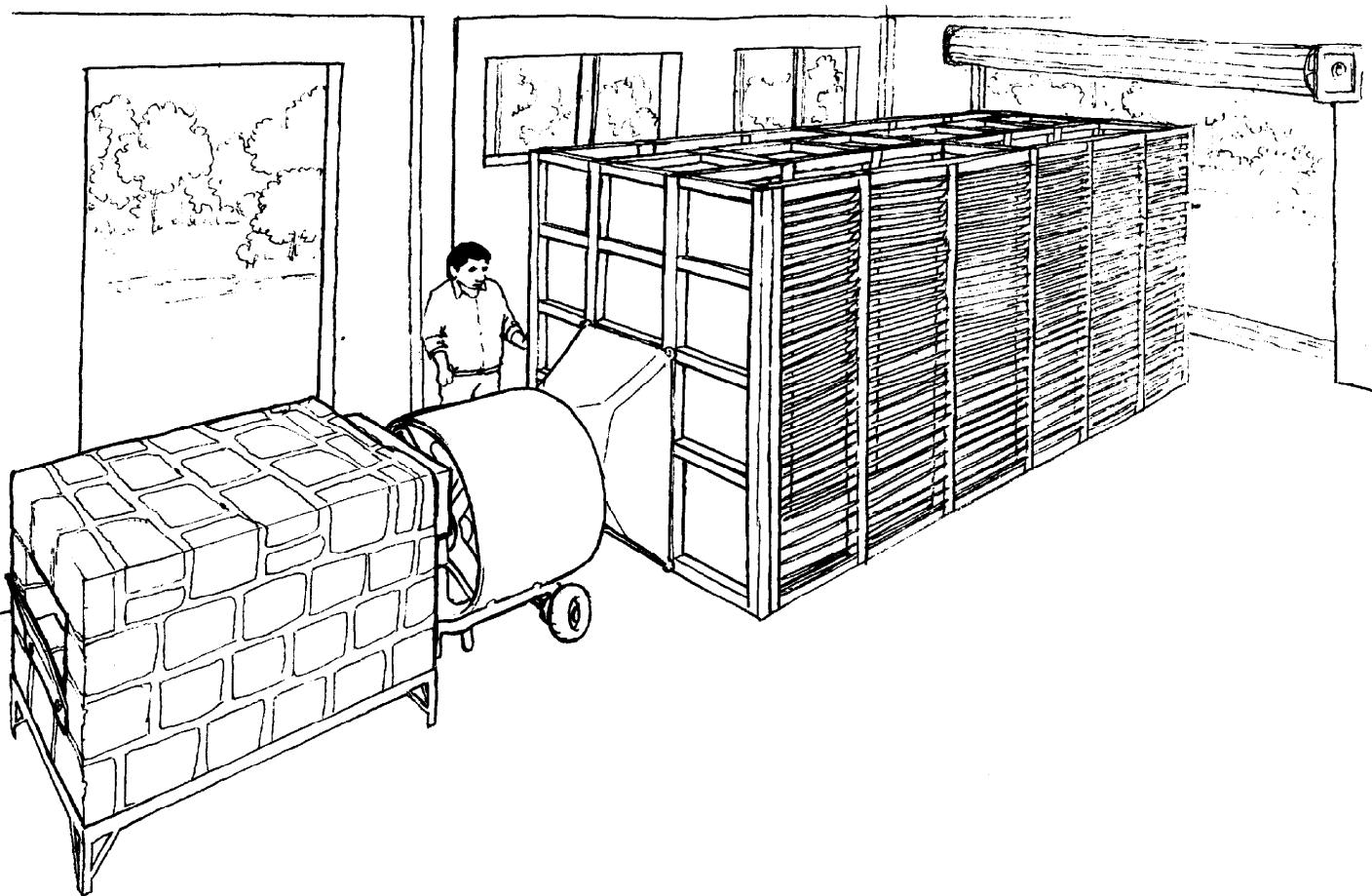
Como se ilustra en la Figura 12, los componentes de una secadora estática, son:

- a) **El recipiente** donde se coloca el grano, que puede ser metálico, de madera, o puede ser conformado por un pequeño silo galvanizado.
- b) **Un piso perforado** para el paso del aire, formado por láminas metálicas con perforaciones muy pequeñas, o con estampados especiales para permitir el paso del aire e impedir la salida de los granos. Puede tratarse también de paredes de lámina perforada. También se usan ductos metálicos en forma de V invertida para la distribución del aire de secado.

- c) **Un "plenum"** o área donde se distribuye uniformemente el aire que viene del ventilador, antes de pasar por el grano.
- d) **Un ventilador**, centrífugo o axial, movido generalmente por motor eléctrico, aunque también hay unidades que funcionan con motor diesel o con la toma de fuerza de un tractor.
- e) **Sistema de calentamiento del aire**, por medio de un quemador de combustibles derivados del petróleo, subproductos agrícolas, etc.
- f) **Sistemas de carga y descarga**, que pueden ser parte de la máquina, o ser equipos independientes a la misma.
- g) **Controles de temperatura**, control de llenado, para modelos más completos y controles eléctricos.

**Figura 15**

**Esquema de secadora estática de aire caliente tipo IRRI**



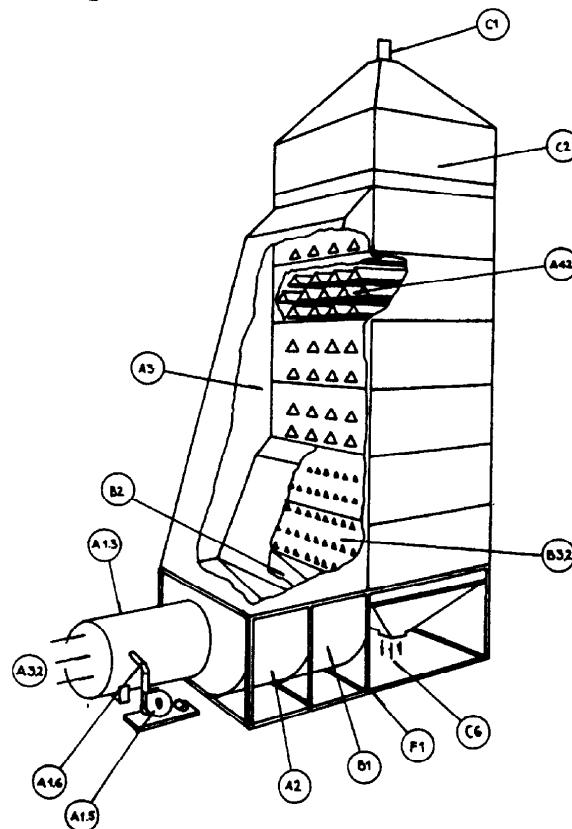
Ejemplos de secadoras estáticas son las desarrolladas por el Instituto Internacional de Investigación Arrocerá, IRRI, de Filipinas, para uso rural y de bajo costo, y las secadoras de tipo comercial en silos metálicos.

#### 4.22.2 Características de diseño

- a) **Flujo de aire.** Las secadoras del tipo IRRI, usan flujos de aire de unos 50 m<sup>3</sup>/min por metro cúbico de producto, o sea, menores que los de modelos industriales de flujo continuo. Dependiendo del modelo, alberga de una a cuatro toneladas y el tiempo de secado puede ser de cuatro a ocho horas.
- b) **Temperatura del aire.** Este es un factor sumamente importante en este tipo de secadoras, por el fenómeno ya analizado de la falta de homogeneidad de la humedad en los granos. Por lo tanto, la temperatura del aire en las secadoras estáticas se encuentra alrededor de los 43°C a 45°C. Temperaturas superiores a las anteriores causarían diferencias muy considerables en la humedad final de los granos, dependiendo de su localización en la secadora.

**Figura 16**

#### Esquemas de secadoras comerciales



A.1.3: cámara de combustión; A.1.5: ventilador para el aire de combustión; A.1.6: Conducto de aire para la combustión; A.2: ventilador de aire caliente; A.3: plenum de aire caliente; A.3.2: entrada de aire; A.4.2: cámara de secado (de caballetes); B.1: ventilador de aire frío; B.2: plenum de aire frío; B.3.2: cámara de enfriamiento; C.1: entrada de granos; C.2: depósito de granos; C.6: descarga de granos; F.1: bastidor

### 4.22.3 Utilización

Las secadoras estáticas tipo IRRI o sus variaciones, son muy convenientes para cantidades pequeñas y medianas, en instalaciones de bajo costo, con inversiones reducidas.

## 4.23 Secadoras con movimiento del grano

Con el fin de contrarrestar los problemas de falta de homogeneidad en los granos secados en secadoras estáticas, los modelos con movimiento del producto lo secan mientras éste baja lentamente dentro de la máquina. Son pues, aparatos un poco más sofisticados que los anteriores.

### 4.23.1 Definición de algunos términos

A continuación se presentan las definiciones de algunos términos usados frecuentemente cuando se habla de secadoras de granos. Es sumamente importante conocer su significado y no confundir los unos con los otros.

- a) **Capacidad estática de la secadora.** Indica la cantidad de granos que caben dentro de la torre de la máquina, en toneladas, metros cúbicos, quintales etc. Este valor no debe confundirse con la capacidad horaria de secado de la unidad. La Capacidad Estática es por ejemplo, "10 toneladas"; "150 quintales".
- b) **Capacidad de operación.** Llamada también "*capacidad horaria*" o "capacidad de secado", representa la cantidad de grano que la máquina está en capacidad de secar en un período de tiempo determinado, para rebajar una cierta humedad, a un determinado producto. Por ejemplo, "5 t/h en maíz para rebajar la humedad del 17% al 14%".
- c) **Tiempo de retención en la torre.** Se refiere al tiempo que pasa un grano dentro de la secadora. Este es un dato muy importante para evaluar los criterios de diseño, capacidad de secado y la rapidez a la cual se retira la humedad del grano.

Por ejemplo, una secadora con un tiempo de retención de 15 minutos, seca con mayor brusquedad un grano, que una que tenga un tiempo de retención de 45 minutos. Este dato es crucial para granos delicados como el arroz.

### 4.23.2 Características de diseño de las secadoras por recirculación

Las características más importantes que diferencian y definen éste tipo de equipos, son:

- a) **Temperaturas de secado.** Se pueden usar temperaturas mayores para el aire, puesto que al estar el grano en movimiento, la distribución del calor en la masa de granos es mejor. Se pueden usar temperaturas de 60 a 80°C. Con ello, se aumenta considerablemente la capacidad horaria de secado pero se aumenta también el consumo de combustible, en forma apreciable.

- b) **Espesor de la capa de grano.** La capa de granos en una secadora de recirculación es de unos 15 a 25 cm. La mayor parte de los modelos de secadoras tienen paredes de lámina metálica perforada, por entre las cuales desciende el grano húmedo.
- c) **Volumen de aire de secado.** El volumen de aire es mayor y puede ir desde 70 m<sup>3</sup>/min por metro cúbico, hasta 100 m<sup>3</sup>/min/m<sup>3</sup> para equipos grandes.
- d) **Equipos de manejo del grano.** La mayoría de las secadoras de recirculación, incorporan equipos mecánicos de elevación y manejo del grano dentro de la máquina. Consisten generalmente en pequeños elevadores de cubetas y tornillos sinfín para distribuir el grano dentro de la columna de la secadora.
- e) **Inversión y costos de operación.** Evidentemente, tanto la inversión como los costos de operación de estas secadoras, son mayores que los de las analizadas con anterioridad, puesto que requieren de varios equipos mecánicos para su operación.

#### 4.24 Secadoras de flujo continuo

Cuando una secadora mecanizada cuenta con equipos de transporte, manejo y almacenamiento de los productos, puede trabajar en un proceso llamado "de flujo continuo" que consiste en que el grano pasa solo una vez por la secadora antes de ir a un almacenamiento a granel.

Se usa en instalaciones de gran tamaño, para capacidades considerables.

#### 4.25 Resistencia de los granos al paso del aire

Todos los productos a granel oponen una resistencia al paso de una corriente de aire, fenómeno muy importante de considerar cuando se está calculando un sistema de aireación o secado de cereales. La resistencia al paso del aire en una masa de granos depende de varios factores:

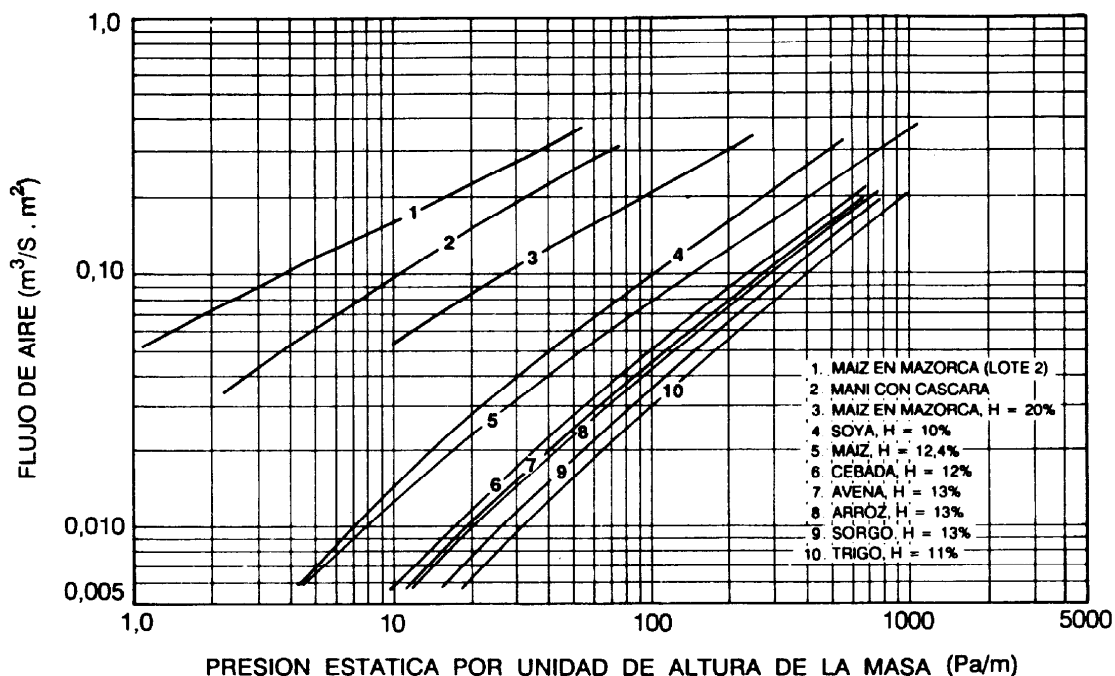
- a) **La velocidad del aire,** que es la que más influye, pues la resistencia aumenta enormemente con incrementos pequeños de velocidad. Es por ello muy importante calcular detenidamente esta resistencia antes de modificar las condiciones de flujo de aire en un sistema de secado o aireación.
- b) **El espesor de la capa de grano,** pues la presión aumenta proporcionalmente.
- c) **Las impurezas y humedad del grano,** influyen negativamente en la eficiencia de un ventilador. La resistencia al paso del aire aumenta con la proporción de impurezas presentes, especialmente, con el polvo y partículas pequeñas y con las humedades altas.
- d) **El tamaño de los granos.** Por ejemplo, el maíz opone menos resistencia que el sorgo o el arroz. Esto quiere decir que los espacios vacíos entre los granos, por donde fluye el aire, son mayores en los granos más grandes.

- e) **El diseño de las perforaciones** de las láminas metálicas o pisos perforados. En general, el área de los orificios para el paso del aire no deben sumar menos del 10% del área total.

Diversos investigadores han estudiado el fenómeno de la resistencia del grano al paso del aire. La figura 16 muestra los valores experimentales obtenidos por Shedd en 1953, los cuales han sido desde entonces, la base de cálculo de instalaciones industriales de secado y aireación.

**Figura 17**

**Gráfica de Shedd sobre resistencia de los granos al paso del aire**



**4.26 Ventiladores**

El ventilador es el componente principal de una secadora, pues constituye la base de operación de la misma. Los tipos de ventiladores más usados en modelos comerciales, son los *axiales* y los *centrífugos*. Dentro de estos últimos, existen tres tipos, dependiendo del diseño del rotor del equipo.

Los ventiladores están diseñados para trabajar dentro de determinados valores del flujo de aire y de presión estática. Es decir, que por fuera de los valores óptimos, todo ventilador estará trabajando con eficiencias bajas o con consumos elevados de energía. Por ésta ra-

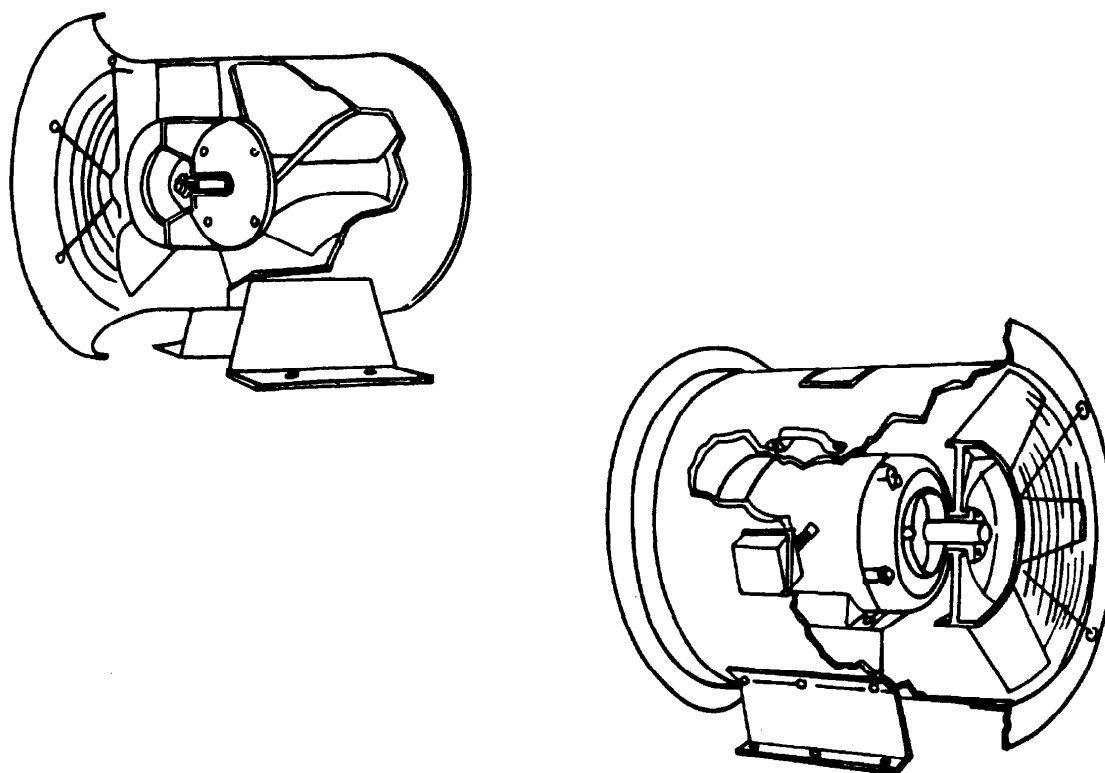
zón, es importante conocer las características de la secadora, su capacidad y necesidades de flujo de aire para poder escoger un ventilador adecuado.

#### 4.26.1 Ventiladores axiales

Como su nombre lo indica, el flujo de aire en estos ventiladores es axial, o sea, paralelo al eje del rotor del aparato. Consisten básicamente en una hélice metálica montada en el eje de un motor eléctrico, o en un eje independiente, con transmisión de fuerza por medio de correas y poleas. Los ventiladores de mesa son un ejemplo de ventiladores axiales.

Figura 18

Esquemas de ventiladores axiales



Hay en el mercado tres tipos de ventiladores axiales:

- a) **Tubo-axiales**, cuando la hélice está montada dentro de un tubo metálico, que sirve de base al conjunto y de guía al aire.
- b) **Vano-axiales**, cuando además de lo anterior, cuentan con álabes fijos en el extremo de salida del aire para evitar pérdidas por turbulencia.
- c) **Mixtos**, cuando hay un rotor centrífugo dentro de un cuerpo cilíndrico. La aspiración y descarga del aire son axiales. Son silenciosos y eficientes.

## 4.26.2 Características de diseño

Los ventiladores axiales se utilizan generalmente para presiones estáticas bajas y para grandes volúmenes de aire. Este equipo no es conveniente en casos de altas resistencias al paso del aire, como por ejemplo, en secadoras estáticas con capas de grano de cierta consideración. Su uso está muy difundido como ventilador de aireación de granos, debido a los grandes volúmenes de aire y a su costo más reducido. Son los ventiladores que más ruido producen.

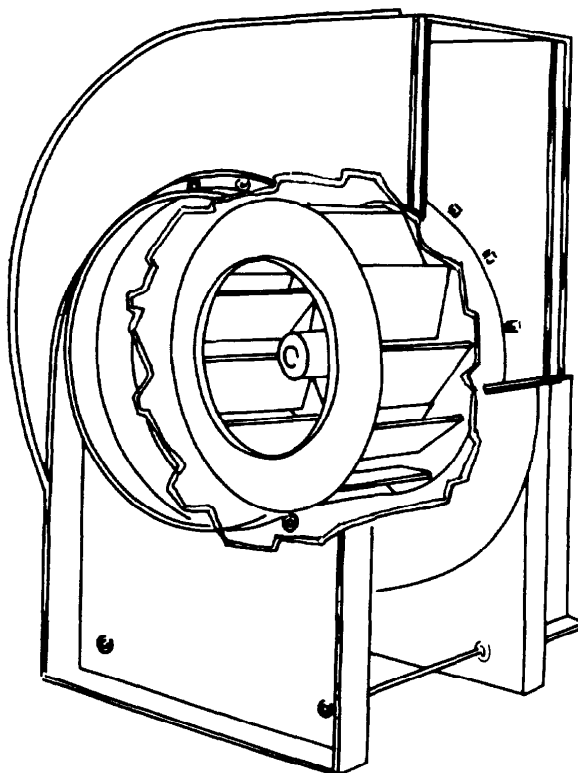
## 4.26.3 Ventiladores centrífugos

Estos ventiladores usan la fuerza centrífuga para aspirar y mover el aire. Consisten en un rotor con aspas, que gira dentro de una carcasa metálica. El aire es aspirado en el centro del rotor, y su dirección de descarga es perpendicular al eje del aparato.

El rotor con las aspas puede estar montado directamente en el eje del motor. Sin embargo, es más común el montaje en un eje independiente, con transmisión de fuerza por correas y poleas en V, con motor eléctrico en la mayor parte de las instalaciones industriales.

**Figura 19**

**Esquemas de ventiladores centrífugos**





#### 4.26.4 Tipos de ventiladores centrífugos

Existen tres tipos de ventiladores centrífugos que se usan extensamente en el secado de granos. Su definición depende del diseño de las aspas del rotor:

- a) **Con álabes inclinados hacia atrás**, que permite operar el ventilador en una gama más amplia de valores de presión estática sin que exista una sobrecarga del motor. Las aspas de estos ventiladores son gruesas y resistentes.
- b) **Con álabes inclinados hacia adelante**, con aspas más delgadas, puede sobrecargarse si se usa en determinada región de su curva de eficiencia. Por lo anterior, no es conveniente para secadoras que usen volúmenes variables de grano para secar, ya que el comportamiento del ventilador no será el óptimo, pues puede que trabaje con flujos de aire que no sean los ideales.
- c) **Con álabes planos colocados radialmente**, que se usan como impulsores en equipos de aspiración de impurezas, tamo, etc.

#### 4.27 Hornos para calentamiento del aire

En un principio, las secadoras de granos y de otros productos agrícolas utilizaron subproductos como el bagazo de la caña como combustible para el calentamiento del aire. Con el advenimiento de los derivados del petróleo, se modificaron los quemadores y se hicieron más compactos y limpios en su operación.

Sin embargo, con la crisis del petróleo de principios de la década de los 70, se comprobó que los costos del secado de granos a base de gasoil o de gas resultaban sumamente elevados, y se pensó de nuevo en el uso de fuentes de energía renovables, como la cascarilla o tamo del arroz, el bagazo de la caña, etc.

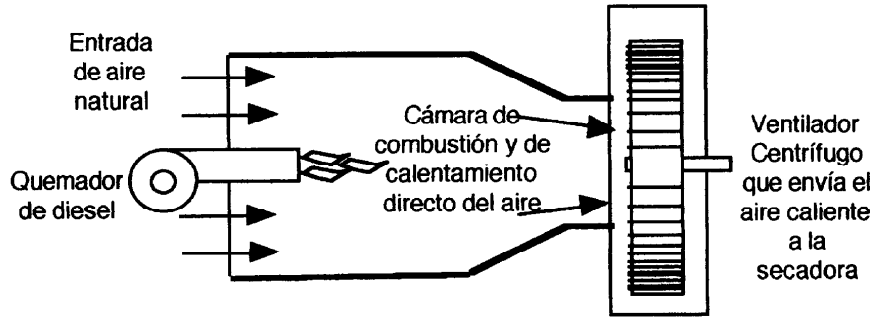
##### 4.27.1 Sistemas de calentamiento del aire

El aire de secado, o sea el que pasa a través del producto húmedo, se puede calentar de dos maneras:

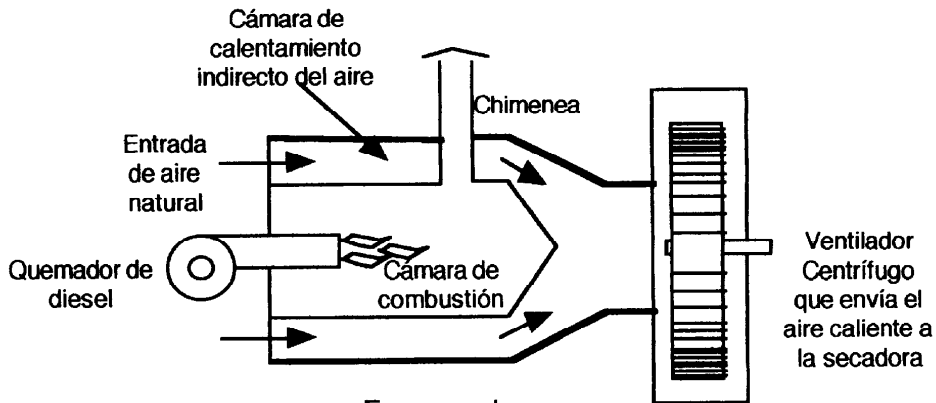
- a) **En forma directa**, cuando existe una llama abierta, y los gases de la combustión se mezclan con el aire que pasa a través del grano. En estos casos, el combustible se quema usando el aire de secado.
- b) **En forma indirecta**, cuando el aire de secado no tiene contacto con la llama o con los gases de combustión. Se utiliza en estos casos un intercambiador de calor.

**Figura 20**

**Esquemas de hornos para secadoras**



Esquema de calentamiento directo para el aire de secado



Esquema de calentamiento indirecto para el aire de secado

La mayor parte de las secadoras para granos usan sistemas de *calentamiento directo* que son más eficientes en el uso del combustible. Por otra parte, los quemadores *indirectos* tienen eficiencias bajas, pero son recomendables cuando se quiere tener la seguridad de que no habrá contaminación del producto con los gases u olores.

**4.27.2 Hornos para derivados del petróleo**

Consisten esencialmente en un quemador instalado dentro de una cámara de material refractario, el cual produce un rocío del combustible a presión por medio de boquillas especiales, que se quema con llama abierta, en un ambiente rico en oxígeno.

Los quemadores de gasoil y similares producen una llama bastante limpia, con esca-

Los subproductos nocivos. Para garantizar que siempre haya una combustión perfecta y que no se produzcan escapes de combustible sin quemar, lo cual sería sumamente peligroso, estos hornos cuentan con sofisticados sistemas de control de la llama, de la presión del combustible, etc.

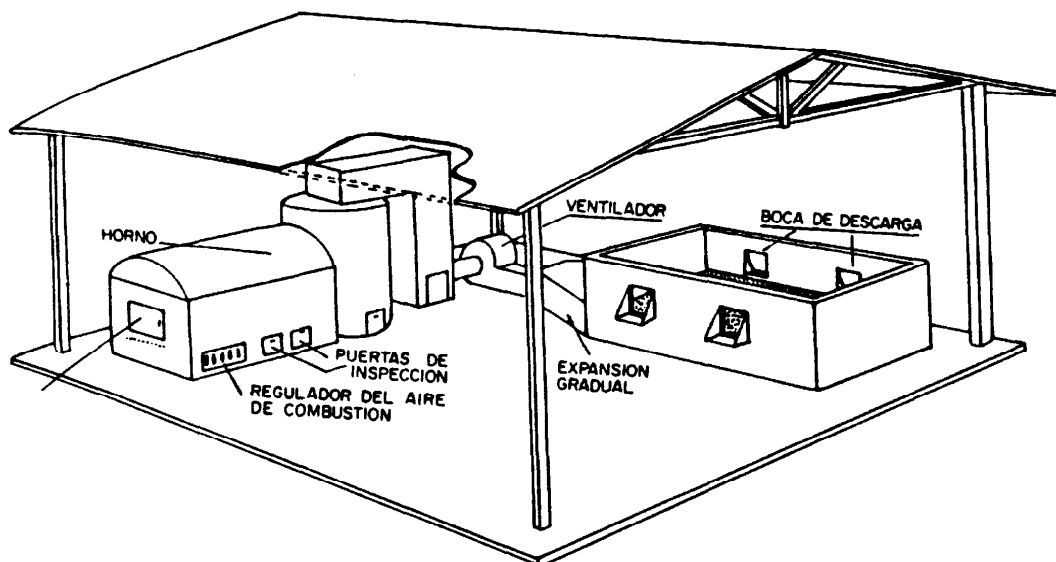
### 4.27.3 Hornos para Cascarilla (o tamo) de arroz

La cascarilla de arroz es sin duda el combustible más barato para el secado, en molinos y factorías arroceras. Existen muchos diseños diferentes, pero sus características esenciales son las mismas.

El horno de cascarilla está construido en ladrillos refractarios y de barro corriente, formando tres cámaras internas: la primera es el hogar donde se quema la cascarilla, y las otras dos son para decantación de las cenizas y partículas livianas. Este es, por lo tanto, un sistema de calentamiento directo, en el que una parte de las cenizas va con el aire de secado hasta el recipiente o secadora, donde se encuentran los granos por secar.

Figura 21

Esquema de horno para cascarilla (tamo) de arroz



La parrilla del hogar está formada por varillas o angulares de hierro, inclinada a 45°, para que el aire pase a través de la cascarilla en combustión. El flujo de aire se logra por la aspiración del ventilador de la secadora.

Existe una mezcla de aire caliente con aire ambiental, mediante compuertas situadas en las paredes del horno. Además, el ventilador de la secadora aspira aire fresco, para mantener la temperatura de secado dentro de límites aceptables. Sin embargo, el control de la temperatura no es fácil de obtener, por ser todos los controles manuales.

En general, el operario adiciona más o menos cascarilla al horno para que la temperatura fluctúe entre límites establecidos.

#### **4.27.4 Calentamiento solar**

Los colectores solares se desarrollaron como consecuencia de la crisis petrolera, al buscar fuentes alternativas de energía. Se usan con relativo éxito en instalaciones pequeñas donde la temperatura de secado no es alta, ya que el calentamiento solar no permite aumentos considerables por encima de la temperatura ambiente.

En general consisten en un túnel de material plástico transparente con piso pintado de color negro, o en dos túneles concéntricos por donde pasa el aire ambiente aspirado por un ventilador antes de entrar a la secadora. El aumento de temperatura es de unos seis a ocho grados centígrados, por lo que se utiliza en secado estático en silos o recipientes pequeños.

#### **4.28 Sistemas de llenado y vaciado de la secadora**

Para llenar las secadoras comerciales se utilizan casi siempre equipos mecanizados como transportadores y elevadores de cubetas. Muy rara vez una secadora comercial se llena a mano.

El descargue de las secadoras se realiza generalmente mediante un sistema mecánico de velocidad graduable, para regular con precisión el flujo de descarga de la máquina. Por esta razón no es común encontrar descargas por gravedad.

#### **4.29 Controles de temperatura**

El control de la temperatura de secado puede ser manual mediante un termómetro localizado en el ducto de aire caliente, que permite al operario regular el flujo de combustible en el quemador o la mezcla de aire caliente con aire ambiente. En este caso el termómetro no regula automáticamente la temperatura del aire.

Cuando se tienen quemadores de gasoil o sus derivados, la regulación de la temperatura puede hacerse automáticamente mediante termostatos localizados en el ducto de aire caliente y en el ducto de descarga de aire.

Todas las secadoras industriales de cierto tamaño cuentan con este sistema de control. Los termostatos tienen también la función de detectar aumentos anormales de temperatura en el ducto de aire o en la torre como cuando ocurre un incendio. En este caso, el aparato está conectado a una alarma que se activa cuando la temperatura sobrepasa un nivel determinado, y puede apagar de inmediato el ventilador y el flujo de combustible.



## AIREACION DE PRODUCTOS ALMACENADOS

Como complemento al capítulo sobre secado, se presentan enseguida las características de la aireación y los aspectos que la diferencian del proceso de secado.

### 5.1 Definición de la aireación

La aireación es un proceso de *ventilación* de productos almacenados, con cantidades pequeñas de aire ambiente. La aireación no debe confundirse con el secado de los granos, pues tiene características especiales que la diferencian del secado, como se verá más adelante.

La aireación se puede usar por igual en climas tropicales y templados o fríos, siempre que se conozcan sus características y limitaciones. Este proceso es el sistema más utilizado para modificar las condiciones ambientales presentes en una masa de granos, con el objeto de asegurar una buena conservación.

La aireación se usa con mayor frecuencia en zonas sub tropicales o frías, por la disponibilidad de aire a bajas temperaturas y condiciones atmosféricas favorables. La aireación en climas tropicales requiere de un estudio previo de las condiciones de humedad relativa y temperatura del aire ambiente, pues de lo contrario, se puede estar haciendo más mal que bien, al airear un producto con aire húmedo por encima de la humedad de equilibrio.

### 5.2 Objetivos de la aireación

La aireación, a diferencia del secado, no pretende secar el producto, sino *mejorar las condiciones de almacenamiento* del mismo. La aireación se utiliza para los siguientes procesos:

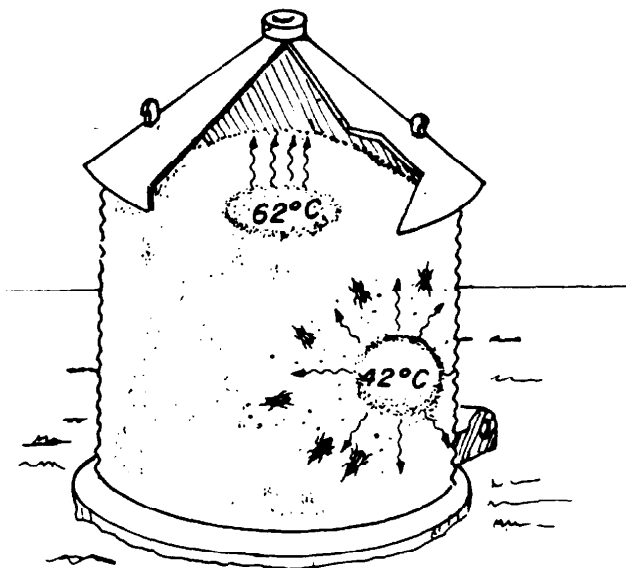
#### a) El enfriamiento de una masa de granos

En las zonas del mundo que tienen las cuatro estaciones, se usa la aireación para enfriar grandes volúmenes de granos almacenados durante el invierno. Como los granos son malos conductores del calor, las bajas temperaturas se conservan por largos períodos. En este caso, se usa el frío natural y la aireación, para crear un ambiente ideal de almacenamiento, sin problemas de insectos ni de hongos.

En climas tropicales, el panorama es muy diferente. Aún en zonas frías, hay que tener mucho cuidado al airear un producto seco, porque la humedad relativa del aire puede estar por encima del valor de equilibrio. Esto es lo que generalmente sucede en climas fríos, en lugares por encima de los 2.500 m sobre el nivel del mar.

**Figura 22**

**Calentamiento producido por actividad biológica**



El *enfriamiento* de una masa de granos que presenta un recalentamiento debido a la actividad de insectos, de hongos, o por alta humedad, puede realizarse con una aireación adecuada, en climas tropicales. En estos casos, se puede homogeneizar la temperatura del grano almacenado en un silo por ejemplo, que presente focos de calor aislados, o un recalentamiento generalizado. Con ello se logra salvar un producto, que, de lo contrario, se perdería casi seguramente. Este es tal vez, el principal objetivo de la aireación en climas tropicales.

**b) Evitar o reducir la incidencia de insectos en granos almacenados**

El crecimiento y la actividad de los insectos en granos almacenados, disminuye considerablemente con las temperaturas bajas. Mediante la aireación adecuada, es posible reducir la incidencia de los insectos, y del calentamiento producido por su actividad. En la figura 22, se observa el fenómeno de recalentamiento producido por focos de infestación o por la actividad de hongos.

**c) Evitar o reducir la incidencia de hongos**

De igual manera, el crecimiento de los hongos de granos almacenados se reduce considerablemente en temperaturas bajas. Por lo tanto, una ventilación adecuada del grano, puede reducir el crecimiento de hongos y del calor producido por la actividad biológica.

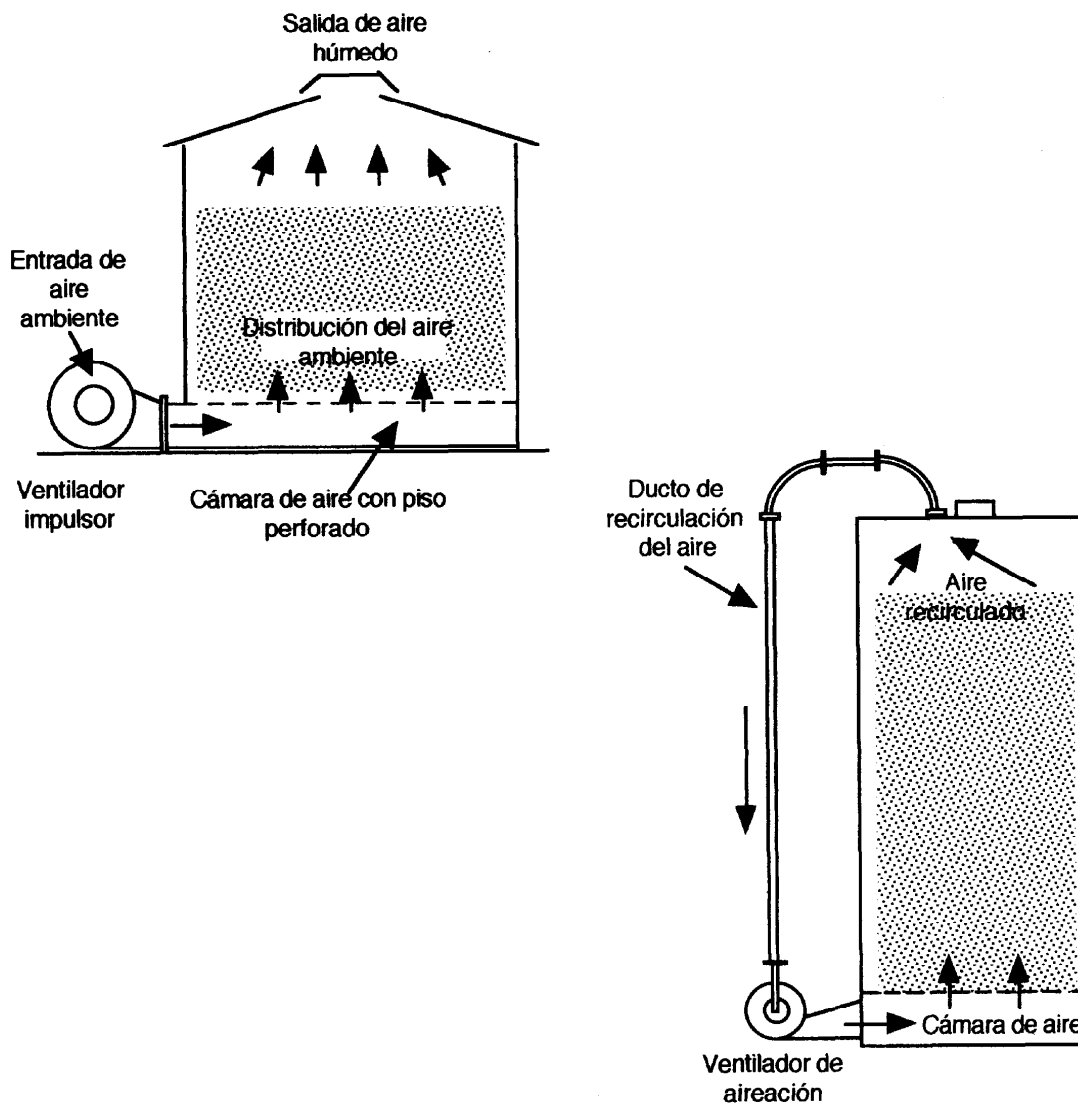
**d) Fumigar grandes volúmenes a granel**

Mediante la aireación es posible aumentar la eficiencia de fumigaciones realizadas a grandes volúmenes de granos a granel en silos herméticos. Mediante este sistema se puede recircular el aire con el fumigante por la masa de granos, en un circuito cerrado. La figura 23 muestra un esquema del sistema de fumigación forzada mediante aireación.



**Figura 23**

**Sistema de fumigación forzada con aireación**

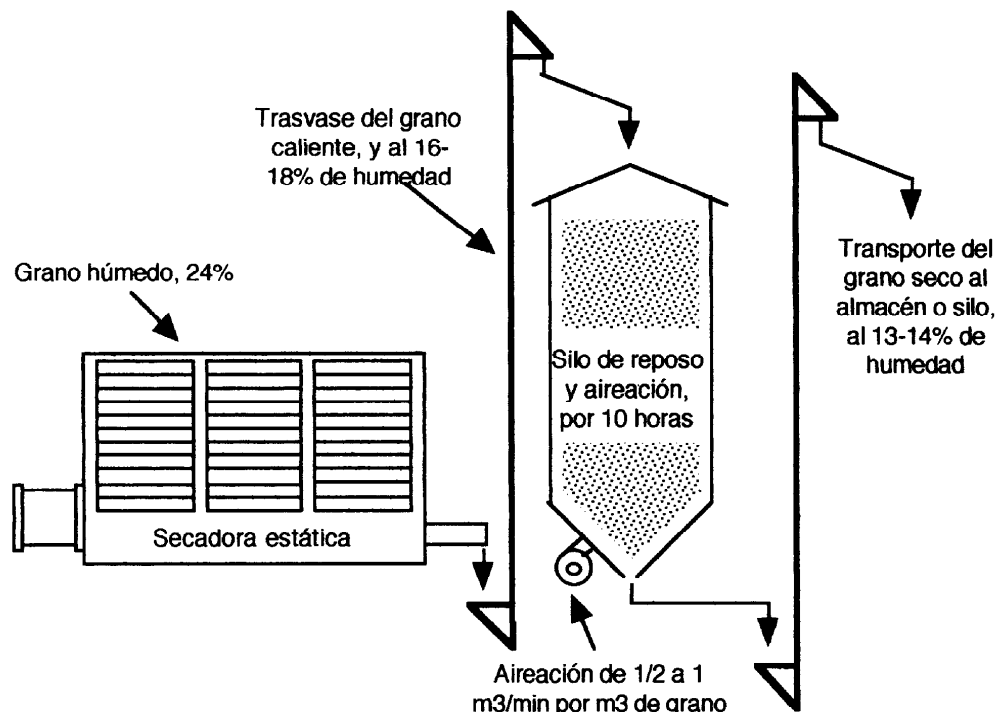


**5.2.1 Secado limitado del producto almacenado**

Como se vio en las secciones dedicadas al secado de los granos, el aire tiene una cierta capacidad de secar los productos aún a temperatura ambiente. Por lo tanto, el secado de los granos no se considera como uno de los objetivos de la aireación sino más bien, como una consecuencia del proceso mismo.

### 5.3 Proceso de “Seca-aireación”

Figura 24  
Esquema del sistema de “seca-aireación”



El proceso de “seca-aireación” consiste en complementar un secado mecanizado con aire caliente con una aireación posterior que enfría el grano y reduce su humedad algunos puntos más, homogeneizando la humedad y la temperatura del granel. Este sistema es usado en instalaciones grandes y medianas que cuentan con equipos mecánicos para el manejo de los productos a granel.

### 5.4 Características técnicas de la aireación

La aireación se diferencia fundamentalmente del secado de los granos, por dos de sus características:

- El volumen de aire utilizado.** La aireación utiliza volúmenes de aire muy bajos, en comparación con los usados para el secado. Estos flujos varían mucho, dependiendo de los criterios de selección, del producto, y del fin para el cual va a ser usada.

En general, puede decirse que los flujos de aire pueden ser del orden de 0,1 a 0,2 m<sup>3</sup>

de aire por minuto, por metro cúbico de grano, para enfriamiento y homogeneización de la temperatura. Para sistemas de fumigación forzada, los flujos de aire suelen ser de 0,05 a 0,2 metros cúbicos de aire por minuto, por metro cúbico de grano, (Recuérdese que para secar granos se usan alrededor de 50 m<sup>3</sup>/min/m<sup>3</sup> de grano, o más).

- b) **La temperatura del aire.** En la aireación siempre se usa aire a temperatura ambiente. Por lo tanto, no existe un calentamiento previo del aire, excepto el que ocurre naturalmente en el ventilador, por la compresión a que se somete el aire.

Las características atmosféricas del lugar y momento en que se va a hacer una ventilación de granos almacenados, son definitivas para decidir si el proceso puede hacerse o no. Si se ventila una masa de granos secos con aire ambiente de alta humedad relativa (aquella que simplemente esté por encima de la humedad de equilibrio), se presentará casi seguramente un rehumedecimiento del producto.

Este rehumedecimiento no es un proceso rápido, pero tiene que tomarse en cuenta, si se practican aireaciones de granos secos. En un experimento realizado en 1973, (A. Caro, "Moisture absorption of bulk stored grains under tropical conditions") se ventilaron granos a granel en condiciones controladas de laboratorio, con aire húmedo al 90% de humedad relativa. Al cabo de 14 días de aireación continua, con un volumen muy bajo, del orden de 0,002 m<sup>3</sup>/min/m<sup>3</sup> de grano, (1/500 m<sup>3</sup>/min), la humedad del grano aumentó durante el período casi en forma lineal, hasta aproximarse al punto de equilibrio.

De lo anterior se deduce que la aireación puede realizarse en climas tropicales, para los casos siguientes:

- **Con granos húmedos**, para evitar calentamiento espontáneo por insectos, humedad y hongos, con aire ambiente de humedades relativas por debajo del 80%.
- **Con granos secos**, del 12 al 15% de humedad, con aire ambiente que no sobrepase en ningún momento una humedad relativa del 70%.

Para el control de la humedad relativa del aire no basta conocer los datos meteorológicos del lugar o de la zona, porque estos datos son promedios diarios o semanales. En realidad, la H.R. de un lugar puede cambiar y cambia bruscamente durante el día y generalmente es mucho mayor durante la noche. Es necesario contar con instrumentos de medición de la H.R. del aire en forma continua, sobretodo cuando se ventilan granos de humedades bajas.

## **5.5 Equipos necesarios para la aireación**

Los equipos básicos para efectuar una ventilación de granos a granel o en sacos, son prácticamente los mismos que se usan para secar. Estos son:

### **5.5.1 Ventiladores para insuflar o extraer el aire**

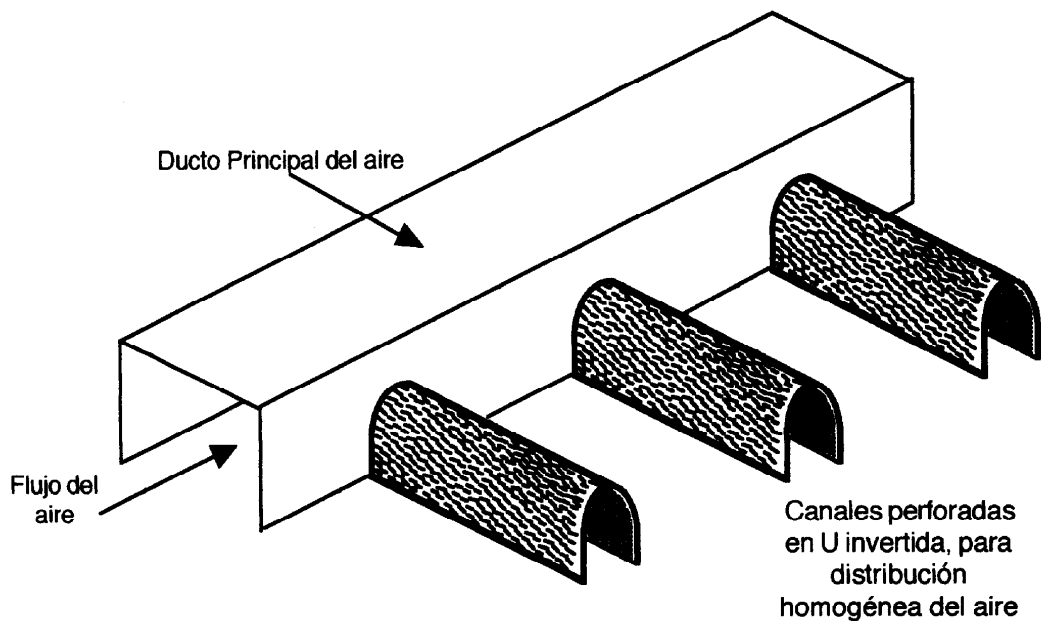
Los ventiladores son de los mismos tipos de los usados para el secado, pero obviamente, son mucho más pequeños para un mismo volumen de grano.

## 5.5.2 Ductos de aireación

Los ductos de aireación son generalmente metálicos y pueden tener formas muy diversas. Los más comunes, tienen una sección en forma de "U" o de "V" invertidas. Todos los ductos son perforados con orificios calculados para que no pasen los productos almacenados. El área de los orificios es aproximadamente, del 10 al 20% del área total, para reducir las pérdidas de eficiencia del sistema.

Figura 25

### Esquemas de diversos ductos para aireación



Los ductos pueden ir a nivel del piso o en forma vertical, para ductos cilíndricos. También existen silos con pisos planos perforados, llamados comúnmente "silos secadores". Debe tenerse sin embargo muy en cuenta, que los silos secadores de fondo plano, usados satisfactoriamente en países de zonas templadas y frías, *no pueden ser considerados como tales*, en países tropicales.

## 5.5.3 Medidores o controles de la humedad relativa del aire ambiente

En los climas y zonas tropicales, es absolutamente indispensable contar con medidores de la humedad relativa del aire, en instalaciones en donde se practica la aireación.

Para la medición se usa un higrómetro de cualquier tipo disponible. El operario de la planta debe controlar manualmente la ventilación, para impedir que ésta ocurra en momentos de alta humedad relativa. Debe revisar al menos cada hora, los valores indicados por el higrómetro. En estos casos, se usa la tabla que aparece en la sección 5.6 de este manual, o una carta psicrométrica para que la humedad relativa del aire **esté siempre por debajo** de la humedad de equilibrio del producto.

Para el control escrito de la temperatura y humedad ambientes, puede usarse un termo higrómetro gráfico, que registra momento a momento ambos valores mediante curvas en tablas semanales o diarias.

Existe también un control automático de la aireación, en base a la humedad relativa del aire mediante un “humidistato”, que enciende y apaga el ventilador, cuando la H.R. llega a límites predeterminados. Este aparato es similar al termostato en su principio de operación. El humidistato se usa en instalaciones de cierta importancia, cuando se desea una operación automática de los equipos.

#### **5.5.4 Silo o recipiente de almacenamiento**

Generalmente, la aireación se realiza en silos diseñados al efecto, o en bodegas planas que cuentan con sistemas de ductos de ventilación. Los ductos perforados de los silos son fijos, mientras que los ductos en las bodegas planas son removibles, para poder retirar el grano al final del proceso.

### **5.6 Aireación con aire refrigerado o acondicionado**

Existen equipos comerciales de aireación de granos almacenados que utilizan sistemas de acondicionamiento del aire, para disminuir la humedad absoluta y relativa, y su temperatura. Estos sistemas equivalen a instalar equipos de aire acondicionado en las bodegas, lo que es factible, solo si el producto es de alto valor, como en el caso de semillas, en climas calientes.

Tanto los aparatos convencionales de aire acondicionado residencial o comercial, como los equipos para granos, utilizan el mismo principio de psicrometría. En estos casos, el aire ambiente es enfriado al pasar por un serpentín frío y el exceso de humedad del aire que se condensa, es separado del aire. Con ello se puede regular a voluntad la temperatura de salida del aire y sus humedades absoluta y relativa.

Los sistemas de acondicionamiento de aire para grandes volúmenes de grano son bastante costosos, y solo se justifican cuando el producto almacenado es costoso. Por ello, la decisión de usar equipos de esta naturaleza, debe estar apoyada por estudios técnicos y económico - financieros serios y completos.

### Cuadro 10

#### Flujos de aire recomendados en aireación y resultados que pueden obtenerse

Propósito	Enfriamiento		Mantenimiento de la calidad	Fumigación
Tipo de almacenamiento	Vertical	Horizontal	Vertical u horizontal	Vertical u horizontal
Flujo de aire m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup>	3 - 6	6 - 12	15 - 30	1,5
Resultados	Supresión del desarrollo de insectos y hongos. Preservación de la calidad de granos y semillas. Homogeneización de la temperatura Remoción de puntos calientes		Prevenir calentamiento de grano húmedo. Homogeneización de la temperatura. Remoción de puntos calientes	Aplicación de fumigantes para control de insectos. Remoción de malos olores y gases.

Fuente: M. Calderón, 1972

## FORMAS TRADICIONALES Y MEJORADAS DE ALMACENAMIENTO DE GRANOS EN FINCAS A PEQUEÑA Y MEDIANA ESCALA

Por la importancia económica, social y cultural que tienen los cereales y leguminosas, el hombre ha tratado siempre de protegerlos contra el ataque de insectos, roedores y agentes climáticos. Desde que se hizo agricultor, ideó formas de proteger sus cosechas contra los agentes externos, en sistemas tradicionales desarrollados localmente.

Aunque estas formas de almacenamiento son relativamente eficientes, a condición de que los granos se encuentren suficientemente sanos, secos y limpios, las pérdidas en poscosecha son significativamente altas. Por esta razón es necesario conocer las formas tradicionales de almacenamiento, con el fin de mejorarlas o sustituirlas, respetando siempre la idiosincrasia y racionalidad campesinas.

### 6.1 Cuáles son las razones para almacenar los productos?

- a) **Para autoconsumo**, como los productos que se guardan a nivel de finca para la familia durante un período de tiempo más o menos prolongado. Las cantidades de autoconsumo varían de acuerdo al nivel tecnológico del agricultor: Para agricultores a pequeña escala, la cantidad guardada es mayor en proporción, que en el caso de agricultores a gran escala.
- b) **Almacenamiento de semilla**, para usarlo en la siembra siguiente, lo cual es muy frecuente ya que la producción de semillas certificadas no es suficiente para cubrir la demanda. El almacenamiento de semilla es más difícil y delicado, pues se debe mantener la germinabilidad por un período prolongado.
- c) **Almacenamiento en centros de acopio**, que ya es un almacenamiento comercial, para buscar mejores precios o para regular el flujo de productos a los centros mayoristas. Estos centros de acopio pueden ser gubernamentales o privados y pueden estar constituidos por almacenes y bodegas o silos pequeños. En general, el tiempo de almacenamiento no es tan prolongado.
- d) **Almacenamiento a gran escala**, en centros de acopio y grandes instalaciones de tipo

industrial, como almaceneras, empresas de mercadeo agrícola, piladoras, etc. Este tipo de almacenamiento puede ser prolongado, por lo que los riesgos son mayores. En general, son estructuras más sofisticadas y costosas.

## 6.2 Requisitos para un buen almacenamiento

Para que exista un buen almacenamiento se necesita cumplir con varios requisitos desde dos puntos de vista:

- a) Del *producto*, pues éste debe estar *Limpio, Seco y Sano*.
- b) Del *almacén o recipiente*, pues debe ser adecuado al producto y a la duración del almacenamiento.

### 6.2.1 Condiciones del producto

Todo producto que deba almacenarse por un tiempo prolongado, debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Debe estar **limpio**, ya que las impurezas son fuente de infestación y daño, porque son el sitio ideal para la proliferación de insectos, roedores, hongos y humedad.
- b) Debe estar **seco**, pues de lo contrario habrá serios problemas de recalentamiento, pudrición y hongos. *Los granos recién cosechados con altos niveles de humedad son más perecibles que las frutas y hortalizas.*
- c) Y debe ser **bien almacenado**, con cuidado y en ambientes higiénicos y limpios, para prevenir daños y pérdidas y permitir realizar controles preventivos y curativos de la calidad.

### 6.2.2 Condiciones del almacén o recipiente

Las condiciones inadecuadas, como pisos en mal estado, falta general de higiene, entrada de aguas lluvias e infestación de roedores y de insectos, dificultan el control de calidad de los productos. Por ejemplo, estudios de evaluación de pérdidas poscosecha realizados en el país en sistemas tradicionales de almacenamiento en la provincia de Chimborazo (J. Bravo, A. Caro, 1994) demostraron que el maíz en mazorcas almacenado en el soberado de las viviendas presenta daños por insectos entre el 40 y el 80% a los tres meses de almacenamiento y del 100% a los ocho meses.

Si las condiciones anteriores no se cumplen, ocurren pérdidas de cantidad y calidad:

- a) **de cantidad**, como por ejemplo, derrames de productos por ruptura de sacos o deficiente cosido de los mismos.



- b) **de valor nutritivo**, por calentamiento y producción de toxinas a causa de insectos y hongos, y por pérdida del embrión a causa de los roedores e infestación de hongos.
- c) **de calidad**, por las mismas razones anteriores y por contaminación con productos no comestibles, por ejemplo, excrementos de roedores, insectos vivos y muertos, polvo, contaminantes químicos y otros.
- d) **y pérdida económica**, que es la consecuencia final de todo lo anterior, al no poder vender los productos al precio conveniente.

### 6.2.3 Cuáles son los índices de deterioro del producto?

El deterioro de los productos es evidente a simple vista en algunos casos, pero no lo es en otros. Este deterioro *no visible es mucho más peligroso* para la salud de las personas y animales domésticos, porque es difícil de detectar.

Algunos de los indicadores de pérdidas más evidentes son:

- a) La presencia de insectos vivos o muertos y evidencia de daño por roedores, en los granos y en los envases.
- b) El calentamiento de la masa de granos, por alta humedad, que puede detectarse al colocar la mano entre dos sacos de la estiba.
- c) La presencia de hongos y germinación de los granos por alta humedad. Los hongos pueden causar toxinas muy peligrosas y también malos olores.
- d) Los empaques dañados o rotos por roedores o por descuido de los operarios y por mal manejo.
- e) La presencia de mal olor en los productos almacenados, que indica pudrición o descomposición de los mismos.

*Un indicador muy importante de la calidad del producto es la temperatura: Un aumento de la temperatura del grano almacenado, por encima de la que tenía al inicio del período del almacenamiento, es un indicador de deterioro inminente del producto.*

### 6.2.4 Cómo pueden evitarse las pérdidas?

Desde el punto de vista del producto, pueden evitarse pérdidas importantes llevando a cabo las acciones siguientes:

- a) En primer lugar, mediante una **limpieza y selección** del producto, antes del almacenamiento, separando los granos dañados o infestados, porque estos contaminan los granos buenos.

- b) Con un **secado adecuado y oportuno** del producto a niveles por debajo del 14%, para los cereales y leguminosas, que permita su almacenamiento prolongado.
- c) Mediante una **aspersión preventiva de insecticidas** en la bodega o una fumigación en caso de presencia de insectos.
- d) Mediante **inspecciones frecuentes** para detectar cambios o daños causados por plagas u otros factores.

### 6.3 Formas tradicionales de almacenamiento

Las formas tradicionales de almacenamiento están determinadas por las características del clima, las costumbres de las familias y el destino y volumen de la producción. Así por ejemplo, los silos subterráneos son adecuados para las regiones cálidas y secas, pero no para las zonas húmedas; la costumbre de almacenar las mazorcas colgadas debajo del alero de las viviendas o de guardar los cereales pequeños en parvas, son un símbolo de "status", y los granos destinados a semilla, generalmente se almacenan en recipientes cerrados, luego de secarlos y limpiarlos adecuadamente.

En cuanto al volumen de la producción, se puede decir que en términos generales, los agricultores de la Sierra ecuatoriana practican una agricultura a pequeña escala y por lo tanto, los volúmenes de producción son bajos y pueden ser almacenados en espacios reducidos y aún en recipientes pequeños.

En la Costa el panorama es diferente: los volúmenes de producción son mayores, los períodos de almacenamiento son más cortos y el mayor porcentaje de la producción se vende a las industrias, determinando que el problema de almacenamiento a nivel de finca sea menor y se transforme en un problema de almacenamiento industrial.

Puede decirse en general, que los agricultores están conscientes de las pérdidas y daños causados por las plagas y contaminantes, pero no consideran que éstas puedan reducirse fácilmente. Los agricultores consideran las pérdidas como un mal inevitable, y no toman muchas medidas para reducirlas. Por lo tanto, los sistemas tradicionales no protegen los productos de las plagas y contaminación y como consecuencia, permiten pérdidas y daños importantes.

Por ejemplo, el fréjol almacenado en sistemas tradicionales está sujeto a daños muy considerables, en pocos meses de almacenamiento. En la zona de Pallatanga, provincia de Chimborazo, el daño por insectos puede llegar a ser del 20% a los tres meses y del 90% a los ocho meses de almacenamiento. (J. Bravo et. al., 1994). Además, la incidencia de hongos altamente perjudiciales se midió en fréjol canario, presentándose cepas de *Aspergillus* en rangos que fluctuaron entre el 8 y el 99% de las muestras estudiadas.

Los ejemplos anteriores dan una idea de la importancia que reviste manejar con cuidado los productos ya cosechados, *no solo porque son perecibles sino porque son alimentos para seres humanos*. La experiencia ha demostrado que es mucho más barato y sencillo reducir las pérdidas por mal manejo, que aumentar los rendimientos en esa misma proporción.

En otras palabras, se puede aumentar la disponibilidad de alimentos básicos a nivel rural a bajo costo, mediante la reducción de las pérdidas poscosecha.

Las principales formas tradicionales de almacenamiento en la Sierra son:

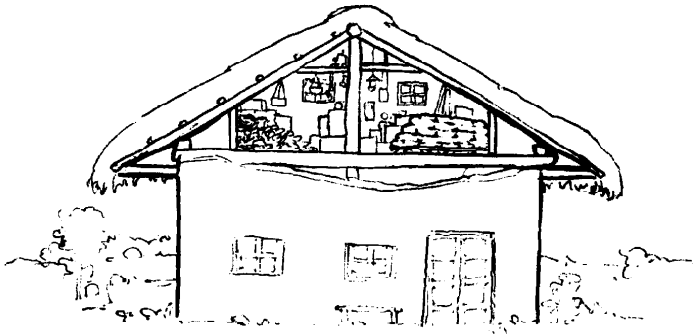
- a) La **Guayunga**, que es un conjunto de mazorcas de maíz que se ata con las mismas brácteas y se suspende en las vigas de la cubierta, debajo del alero en el exterior de la vivienda o sobre el fogón de la cocina. La cubierta de las mazorcas y el humo, reducen el ataque de insectos pero no de los roedores.
- b) La **Ashanga**, que es una canastilla de carrizo generalmente de forma rectangular, donde se guardan mazorcas de maíz sin cubierta suspendida en el interior o exterior de la vivienda. Presenta mayores riesgos de ataque de insectos y roedores.
- c) La **Calcha o parva**, es una estructura cilíndrica construida a la intemperie con los tallos o paja de las gramíneas y leguminosas, de modo que las espigas o las vainas quedan hacia adentro de la estructura. Se protege exteriormente con material vegetal, que impide la entrada de humedad pero no de insectos ni de roedores. Las parvas se construyen generalmente en climas fríos, porque la baja temperatura es una limitante para el desarrollo de los insectos.
- d) **Recipientes:** Para almacenar granos se utilizan diversos recipientes como los sacos o costales, tarros de plástico o metal, barricas de madera o metal, vasijas de barro y calabazas. A estas últimas se les llama también "puño" y "puro" o "poro". Con la excepción de los sacos o costales, los granos guardados en este tipo de recipientes, están mejor protegidos contra insectos y roedores.
- e) **Los graneros o trojes**, son estructuras construidas con madera, carrizo, caña guadúa u otros materiales, donde se almacenan productos ensacados o a granel. Se denominan "soberados" o "altillos" cuando ocupan el espacio comprendido entre el tumbado y la cubierta de la habitación. Si no se adoptan medidas de orden y aseo, los riesgos de pérdida son elevados. Estos graneros se construyen también en el interior de las viviendas, utilizando esteras tejidas con fibra vegetal.

En la Costa, las formas tradicionales de almacenamiento más comunes son:

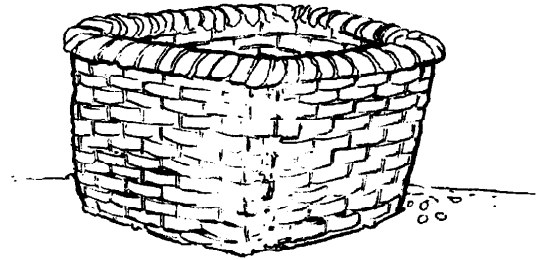
- a) La **Jaula o cajón de madera o caña guadúa**, que se coloca en un rincón dentro de la vivienda o debajo del piso elevado. Se usa para guardar maíz en mazorca con su cubierta y los riesgos de ataque de roedores son altos.
- b) **Recipientes:** Se utilizan los mismos recipientes indicados para la Sierra.
- c) **Trojes o "Jurones":** Son los graneros fabricados con madera o caña guadúa, con cubiertas de hojas, planchas metálicas o de fibrocemento. Protegen al producto contra la lluvia pero no contra insectos o roedores.

**Figura 26**

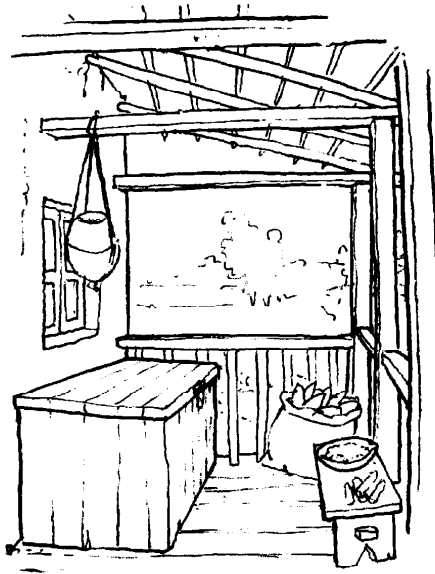
**Almacenamiento de granos en sistemas tradicionales**



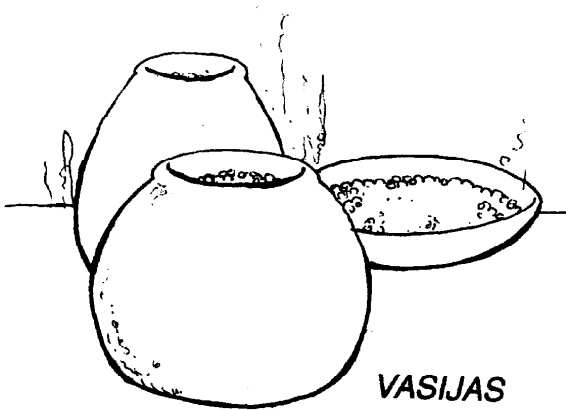
**ALTILLO**



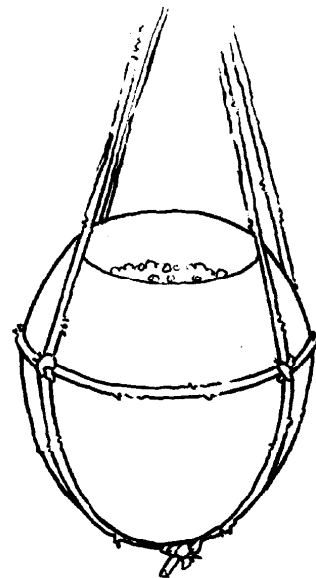
**CANASTA**



**GRANERO DE MADERA**



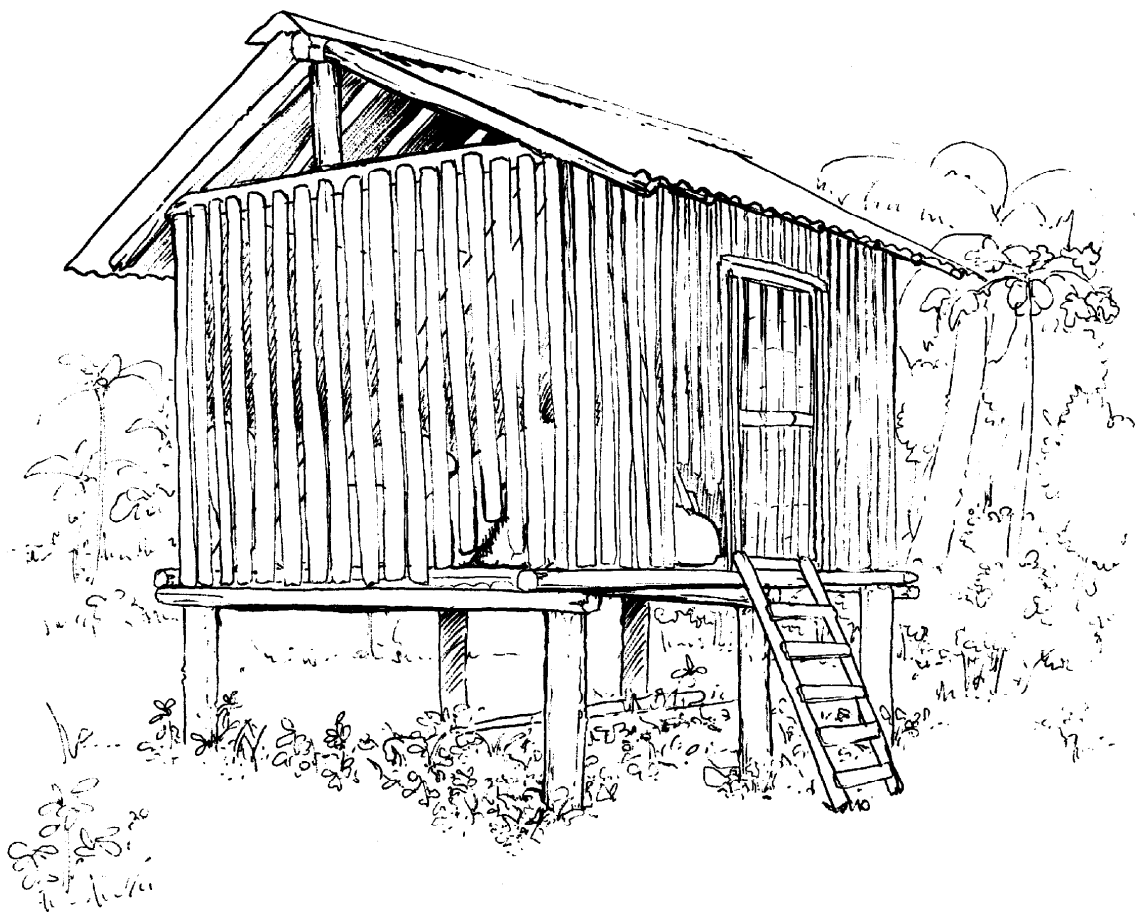
**VASIJAS**



**CALABAZAS**

**Figura 27**

**Almacenamiento de granos en el Jurón**



**6.4 Formas mejoradas de almacenamiento en la finca**

Algunas sugerencias para mejorar las formas tradicionales de almacenamiento son la siguientes:

**6.4.1 Mejoramiento de recipientes**

- a) Se deben hervir los sacos de yute o cabuya antes de reutilizarlos, para evitar la presencia de huevos, larvas e insectos adultos vivos.
- b) Evitar el uso de sacos de papel porque se rompen fácilmente y no pueden ser lavados.
- c) Limpiar perfectamente los recipientes antes de reutilizarlos, para eliminar residuos en los que puede haber huevos, larvas e insectos adultos.
- d) Utilizar envases de paredes interiores lisas, para evitar acumulación de polvo y residuos.

- e) Utilizar envases con tapa hermética para facilitar la fumigación y evitar reinfestaciones.
- f) Evitar el uso de recipientes deteriorados porque se producen derrames del producto.
- g) Nunca se deben usar envases de productos químicos como plaguicidas o fertilizantes para almacenar productos alimenticios. Con el debido cuidado y limpieza, se pueden utilizar tanques y recipientes de grasas y combustibles.

#### **6.4.2 Mejoramiento de graneros y bodegas**

Las reparaciones y las mejoras en bodegas y almacenes se analizan en detalle en el documento "*Manual sobre Administración de Bodegas de Alimentos*", producido por el Proyecto Poscosecha de la FAO, GCP/ECU/065/NET. En resumen, las medidas más importantes son las siguientes:

- a) Las cubiertas, paredes, pisos, puertas y ventanas de todo local donde se guarden alimentos, deben ser reparados taponando agujeros y grietas.
- c) Tanto el interior como el exterior de los depósitos, deben mantenerse limpios, higiénicos y ordenados, *porque se trata de almacenar alimentos*.
- d) En los graneros elevados, el piso debe quedar a por lo menos, 1.20 m de altura y los pilares deben tener escudos contra roedores.
- e) El granero debe ser limpiado y desinfectado por dentro y por fuera antes de almacenar los productos.
- f) Los alimentos no deben ser almacenados junto a fertilizantes, plaguicidas, combustibles o herramientas.

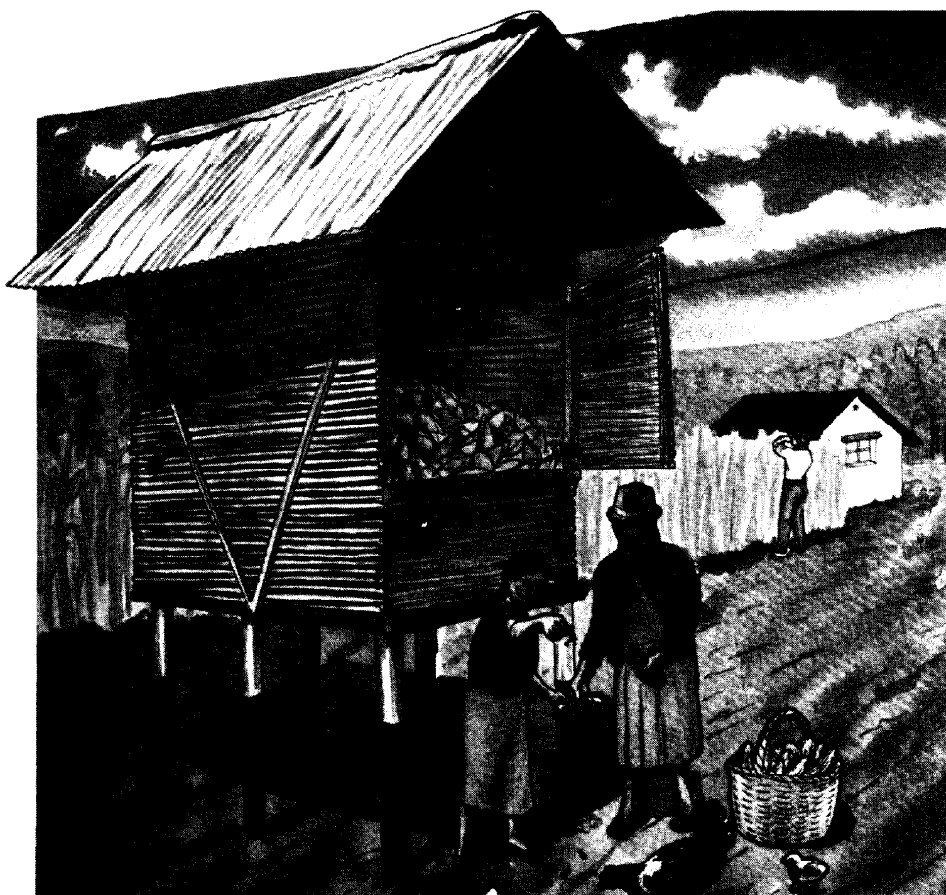
#### **6.4.3 Estructuras mejoradas de almacenamiento**

Las siguientes estructuras de almacenamiento en la finca han sido probadas en el país y son muy atractivas por su costo reducido y su facilidad de uso y manejo. La FAO recomienda la promoción de estas estructuras sencillas, que permiten mantener los productos libres de plagas y contaminantes. Se recomienda estudiar el Documento N° 2: "*Manual de Capacitación*", que contiene las estrategias e información para la promoción de las estructuras.

**a) El Troje mejorado para mazorcas de maíz**

Es una estructura simple, construida con maderas del lugar: caña guadúa, carrizo, etc., que permite almacenar 20 o más quintales de maíz en mazorcas, con sus brácteas o cutul. El troje permite guardar el maíz hasta por 10 meses, sin que se presenten pérdidas o daños por roedores y donde el control de insectos es muy sencillo. La cubierta del troje puede ser de tejas de barro, de láminas galvanizadas o de material vegetal.

**Figura 28**  
**Troje mejorado para mazorcas de maíz**



Las características esenciales del troje mejorado son las siguientes:

- i)** El ancho del troje *no debe ser mayor a un metro*, para que la brisa ayude a secar las mazorcas.
- ii)** La altura de las patas debe ser de por lo menos, 1,20 m, para evitar la subida de las ratas.
- iii)** Además, las patas deben tener una protección antiratas, con lámina galvanizada.

## b) El Silo Verdeador para semilla de papa

Igualmente, el Silo Verdeador permite mantener la papa-semilla en buenas condiciones, sin pudrición y con menores problemas por el gusano blanco. Es una estructura simple, construida por el agricultor con maderas del lugar y techada con paja de páramo.

**Figura 29**

**Silo verdeador para papa-semilla**



Los brotes de la semilla guardada en el Semillero son fuertes, cortos y vigorosos y producen una mejor cosecha.

## c) El Granero metálico

El granero es una estructura construida por artesanos locales en lámina galvanizada, para capacidades de 10 a 30 quintales de grano desgranado: maíz, fréjol, soya, etc. El granero permite guardar los productos *secos* hasta un año y más, sin el menor problema de plagas o pérdidas. Su manejo es muy sencillo y está al alcance de agricultores a pequeña y mediana escala.

Para usar el granero es indispensable que el producto esté *seco* y *limpio*, mediante un secado al sol y una selección de los granos dañados. El control de insectos en el granero es muy sencillo y al alcance de los agricultores.



#### d) El Tanque metálico

El tanque reciclado de 55 galones de combustibles y lubricantes es una excelente alternativa para el almacenamiento seguro de hasta 4 quintales de granos y semillas a granel. Es igualmente a prueba de roedores y el control de insectos es muy sencillo.

**Figura 30**

**Granero y tanque metálico para almacenamiento de granos**



El tanque es ideal para el almacenamiento de semillas y de granos para el consumo de la familia. Nunca se deberán usar tanques reciclados de químicos como plaguicidas o fertilizantes.

e) **La Funda Plástica**

Para la fumigación segura de pequeñas cantidades de grano y para su eventual almacenamiento, la funda plástica de un quintal, es la ideal. Está fabricada en un plástico grueso que permite la fumigación hermética sin peligro, y su uso y manejo son muy sencillos.



## ALMACENAMIENTO DE GRANOS A MEDIANA Y GRAN ESCALA

### 7.1 Características

El almacenamiento de granos en centros de acopio, almaceneras, silos y piladoras por ejemplo, es considerado un almacenamiento a mediana o a grande escala, por el mayor volumen de productos manejados.

Cuando se trata de cientos de quintales o toneladas, los sistemas de almacenamiento deben estar diseñados para proteger los productos de las plagas, del clima y de los agentes que pueden causar daño o pérdida de productos.

Los cereales, granos y otros productos alimenticios que se almacenan en bodegas, almacenes o silos deben estar:

- **secos**, para evitar daños y pudriciones
- **limpios**, para evitar contaminaciones y proliferación de plagas
- **bien almacenados**, para evitar pérdidas por descuidos y por plagas y contaminantes.

Si el responsable del almacén o bodega no tiene en cuenta estos principios básicos, se presentarán daños, contaminaciones y pérdidas de consideración.

### 7.2 Tipos de almacenamiento

Dependiendo del recipiente o estructura que se use, se pueden distinguir los tipos siguientes:

#### 7.2.1 Almacenamiento en contacto con el aire

Los productos que se guardan en sacos, trojes, bodegas y almacenes, se encuentran en contacto con el aire que los rodea, que tiene influencia en la calidad del producto y en el tiem-

po seguro de almacenamiento. Por ejemplo, es más difícil mantener la calidad de los productos en climas cálidos y húmedos, que en climas secos y fríos, por la influencia de la temperatura y humedad elevadas.

Este tipo es sin duda el más común de los sistemas de almacenamiento, donde la humedad del grano, la humedad y temperatura ambiental y el tiempo de almacenamiento, tienen gran influencia en la calidad final del producto. Como los productos se encuentran en contacto con la atmósfera, pueden ser fácilmente atacados por roedores, insectos y otras plagas, y por ello deben tomarse precauciones para evitar daños.

### **7.2.2 Almacenamiento hermético o de atmósfera controlada**

Cuando un producto se guarda en un recipiente hermético, no es influido por la atmósfera que lo rodea, y por ello no está expuesto a ataques *externos* de plagas o contaminantes.

Por otra parte, como el grano es un ser vivo que respira y consume oxígeno, el almacenamiento hermético hace que se reduzca el contenido de oxígeno y que por ello los insectos que puedan estar en la masa de granos, mueran por asfixia.

No es fácil lograr un almacenamiento totalmente hermético, ya que cualquier entrada de aire, por mínima que sea, anula el sistema. Por ello se llama a veces, "almacenamiento de atmósfera controlada" pues es posible introducir gases inertes a los silos y así controlar el estado de los productos.

### **7.2.3 Almacenamiento en sacos**

El almacenamiento de cereales y granos en sacos es un sistema muy usado tanto a nivel de campo como en grandes almacenes, y como todo sistema, tiene sus ventajas y desventajas.

Como *ventajas* de almacenamiento en sacos se pueden mencionar:

- a) Las estructuras de almacenamiento *son más económicas* que las estructuras para almacenamiento a granel. Un almacén, cobertizo o bodega siempre será más económico de construir y mantener que una planta de silos.
- b) No se requiere de equipos sofisticados para el manejo y transporte de los productos, ya que el movimiento de los sacos es casi siempre manual.
- c) No se necesita personal altamente capacitado, puesto que no hay equipos sofisticados.
- d) Pueden usarse estructuras de uso múltiple, como por ejemplo, recintos, bodegas o construcciones hechas para otros fines, pero debidamente adecuadas al almacenamiento de alimentos.
- e) El mantenimiento de la calidad de los productos es menos costosa, pero tal vez, requiere más control.

- f) El control de existencias es más sencillo, siempre que se guarden ciertas normas de almacenamiento y administración.

Como *desventajas* del almacenamiento en sacos, se pueden mencionar:

- a) Los productos están expuestos al ataque de plagas como insectos y roedores.
- b) La baja calidad e higiene del local puede influir seriamente en la calidad de los productos.
- c) Se necesitan sacos en forma recurrente lo que puede llegar a ser muy costoso.

## **7.2.4 Almacenamiento a granel**

El almacenamiento a granel en recipientes adecuados para leguminosas y cereales desgranados también tiene ventajas y desventajas, en especial cuando se trata de grandes volúmenes, como en silos terminales o de distribución.

Como *ventajas*, pueden citarse:

- a) Los productos están libres de infestación externa de plagas, en especial de roedores, al estar almacenados en un recipiente cerrado.
- b) El manejo de los productos es mecanizado y rápido.
- c) No se requieren sacos para el manejo de los productos.
- d) La limpieza, el pesaje y secado de los productos pueden ser mecanizados.
- e) Se pueden tener controles automáticos de la temperatura de los productos.

Como *desventajas* de los sistemas de almacenamiento a granel se mencionan:

- a) El costo e inversión en instalaciones a granel son muy elevados: El almacenamiento de una misma cantidad requiere de inversiones de cerca de tres a cuatro veces el costo en bodegas.
- b) Se requiere personal más capacitado para instalaciones de gran tamaño.
- c) Los costos de mantenimiento y operación de los equipos son más elevados.

## **7.3 Características del almacenamiento en bodegas**

Las bodegas para almacenamiento de alimentos se diferencian en varios detalles de un simple cobertizo de uso industrial. Estas diferencias son necesarias precisamente porque *se trata del almacenamiento y cuidado de alimentos*, para los cuales la higiene y el control de calidad, son fundamentales.

Las características esenciales que debe tener una bodega de alimentos, son las siguientes:

- a) Se deben evitar los terrenos bajos para las construcciones, ya que ello permite inundaciones y humedad que puede afectar al producto almacenado. Por otra parte, los costos de construcción aumentarían considerablemente.
- b) Idealmente, debería quedar en un terreno alto, con sistemas adecuados de drenaje de las aguas lluvias, para evitar inundaciones.
- c) Si ello no es posible, como por ejemplo en zonas arroceras planas, deben diseñarse desagües suficientes, y se debe hacer un estudio serio de suelos para diseñar las cimentaciones adecuadas.

### **7.3.1 Pisos de la bodega**

Las características más importantes de los pisos de una bodega para el almacenamiento de productos alimenticios, son:

- a) Los pisos deben ser lisos y sin grietas, ya que el grano y el polvo se acumulan en ellas. Deben ser de cemento, evitando las divisiones en breas u otro material bituminoso. Es preferible que las divisiones sean en listones de madera.
- b) Los residuos son una fuente de infestación de plagas y por lo tanto deben evitarse las ranuras para puertas corredizas, en las que pueden acumularse polvo y basura. Igualmente, deben evitarse los desagües dentro de la bodega.
- c) En caso de almacenes existentes, se deben reparar los pisos para evitar huecos y grietas, por las mismas razones anteriores. Los pisos en baldosín de cemento son aceptables siempre que no haya grietas, huecos o desagües en la bodega.
- d) Donde ello sea posible, deben usarse pisos al menos un metro por encima del nivel del terreno, pues esto ayuda a evitar los roedores. Sin embargo, en éstos casos, una administración cuidadosa del almacén es absolutamente indispensable, para evitar dejar escaleras u otros utensilios que sirvan a los roedores para tener acceso al almacén.

### **7.3.2 Paredes de la bodega**

Las características esenciales de las paredes de la bodega, son las siguientes:

- a) Deben ser lisas, no porosas e impermeables. Pueden ser de ladrillo de barro cocido, de bloque de cemento o de otros materiales, siempre que la superficie externa e interna sea enlucida con cemento y pintura blanca.
- b) Se deben evitar las superficies porosas o con huecos pues pueden ser madrigueras de roedores o pueden facilitar la presencia de insectos.

### 7.3.3 Ventanas y ventilaciones

Las características esenciales de las **ventanas y orificios de ventilación** en una bodega de alimentos, son:

- a) Las ventanas y ventiladores deben ser protegidos contra el sol y la lluvia, mediante aleros convenientes. El sol y la lluvia deterioran rápidamente los granos almacenados.
- b) El número de las ventanas y áreas de ventilación, deben ser cuidadosamente calculados. No es conveniente contar con exceso de ventilación en el almacén, sobre todo en climas húmedos, en los cuales es necesario que las ventilaciones puedan cerrarse y abrirse a discreción.
- c) Todas las ventanas deben protegerse contra roedores, mediante una malla metálica con huecos de 6 mm (1/4") como máximo, ya que un ratón adulto o una rata joven pueden penetrar por orificios mayores.

### 7.3.4 Techos de las bodegas

Las características de **los techos** de la bodega, son:

- a) Son generalmente de láminas galvanizadas (zinc) o de asbesto-cemento. También hay almacenes con techo plano de concreto. Todos los sistemas son adecuados para almacenamiento de cereales, siempre y cuando no permita la entrada de agua lluvia.
- b) Los techos planos de concreto son difíciles de hermetizar y son costosos de construir y mantener. También absorben calor en climas tropicales, por lo que necesariamente deben ser pintados de blanco para evitar aumentos considerables de temperatura.
- c) Los techos galvanizados reflejan el calor y son más económicos. Deben siempre mantenerse limpios y sin huecos.
- d) Los techos de asbesto cemento son ampliamente satisfactorios, pero un poco costosos.

### 7.3.5 Puertas de las bodegas

**Las puertas** de la bodega deben tener las características siguientes:

- a) Deben ser suficientemente amplias para manejar los productos almacenados, pero no es necesario que los vehículos entren al almacén. Se pueden hacer metálicas, de madera, o una combinación de ambas, pero son preferibles aquellas que no sean atacadas por roedores e insectos.
- b) Es muy importante que las puertas ajusten perfectamente a los lados y en la parte inferior para evitar la entrada de roedores, ya que éstos pueden penetrar por espacios inferiores a un centímetro. Las puertas corredizas no son muy convenientes, pues nece-

sitan una ranura de guía en el piso, la que siempre permanece llena de basuras. Las puertas enrollables son aceptables siempre que ajusten perfectamente en el piso para evitar los roedores.



## PLAGAS Y CONTAMINANTES EN GRANOS ALMACENADOS

El fundamento del manejo adecuado de las cosechas de granos y cereales y de la papa-semilla es el *cuidado preventivo de las plagas y contaminantes: "Es mejor prevenir que curar"*. Por ello, es muy importante demostrar a los agricultores, hombres y mujeres por igual, los daños y pérdidas que éstos pueden causar y su influencia en la economía y salud de la familia.

Los *insectos y los roedores* son las plagas más importantes y dañinas en alimentos almacenados. Los contaminantes son los hongos y bacterias, especialmente, como también los plaguicidas y químicos, al manejar los productos con descuido.

### 8.1 Los insectos como plaga de granos almacenados

Los insectos que atacan los granos y leguminosas durante el almacenamiento, comenzaron a ser importantes después de que el hombre aprendió a guardar sus cosechas. Actualmente se conocen alrededor de 250 especies de insectos-plaga de granos almacenados, de las cuales 25 son de importancia primaria y secundaria. Los insectos-plaga producen pérdidas significativas, no solamente por el peso del grano consumido, sino también porque lo contaminan con insectos muertos y excrementos que alteran su olor y sabor. Además, incrementan la temperatura de la masa de granos y favorecen el ataque de bacterias y hongos.

#### 8.1.1 Generalidades de los insectos

Los insectos tienen una enorme capacidad de reproducción y en condiciones ideales de descuido y falta de higiene, pueden invadir completamente una bodega o lugar de almacenamiento arruinando de paso, los productos que allí se encuentren.

El cuerpo de los insectos está formado por tres partes bien diferenciadas, que son la cabeza, el tórax y el abdomen. Los insectos *se diferencian del resto de los animales en que tienen seis patas articuladas*. En la cabeza se localizan los ojos, las antenas y el aparato bucal; en el tórax se ubican uno o dos pares de alas y tres pares de patas articuladas, y en el abdomen se encuentran los aparatos reproductor y excretor.

El cuerpo de algunos insectos está protegido por el exoesqueleto o caparazón duro, como en el caso de los "gorgojos" o insectos coleópteros. En otros casos, el cuerpo es blando, como en el caso de los lepidópteros o "polillas".

Algunos insectos tienen aparatos bucales fuertes capaces de perforar los granos. Otros, como los de los lepidópteros, no tienen esta característica. Esto determina que, dependiendo de la especie, los daños directos a los granos sean causados por insectos en estados adulto y larval o solamente larval.

Durante su vida, los insectos presentan cambios de tamaño y forma, fenómeno conocido como *metamorfosis*. La metamorfosis es completa, cuando el insecto pasa por las fases de huevo, larva, pupa y adulto, e incompleta, cuando no se presenta el estado de pupa. La hembra adulta deposita sus huevos en el interior de los granos, sobre los granos o entre ellos, dependiendo del insecto. De los huevos nacen las larvas o gusanos que, luego de alimentarse vorazmente, se envuelven en un capullo o pupa, del que emergen como adultos.

### 8.1.2 Daños causados por los insectos

Los insectos plaga de granos almacenados, producen daños directos e indirectos.

Los daños directos son:

- a) La **destrucción parcial o total** de los granos, causada por la alimentación de larvas y adultos.
- b) La **contaminación** con malos olores, con excrementos líquidos y sólidos, con restos de piel o escamas, con insectos muertos y con huevos fértiles y estériles.
- c) La **formación de aglomerados** para refugio, constituidos por restos de granos, excrementos, polvo y otras impurezas, unidas con hilos de seda, especialmente producidos por los lepidópteros.

Los daños indirectos son:

- a) **Calentamiento** de la masa de granos, provocado por el incremento de la actividad metabólica de los insectos y de los mismos granos.
- b) **Ataque de hongos y bacterias**, por la ruptura de la capa protectora de los granos y el incremento de la temperatura y humedad en la masa de granos.

### 8.1.3 Clasificación de los insectos plaga de los granos

Considerando especialmente sus hábitos alimentarios, los insectos plaga se clasifican en varios grupos, siendo los más importantes los *primarios* y los *secundarios*.

a) Los **Insectos primarios** son los primeros en atacar al grano, rompiéndolo para comerlo o perforándolo para depositar sus huevos. Los insectos inician su ataque en el campo y lo continúan en el granero, y son voraces en estado adulto y larval. Depositán sus huevos en el interior de los granos; su cabeza presenta un pico largo y un par de antenas y su cuerpo es de consistencia fuerte. Tienen dos alas duras, que no sirven para volar, y dos alas funcionales. Pertenecen al orden Coleoptera. Los más importantes son:

i) **Gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*)**

Conocido también como "picudo cuatro manchas", ataca preferentemente al maíz, pero también al trigo, arroz con cáscara, sorgo y otros granos. Es de color café claro a café oscuro, con cuatro manchas amarillo-rojizas en los élitros. Son voladores, prefieren climas tropicales y subtropicales y las hembras depositan los huevos en el interior del grano y pueden pasar entre 30 y 40 días para el desarrollo de los huevos. Es volador y prefiere climas tropicales y subtropicales.

ii) **Gorgojo del trigo (*Sitophilus granarius*)**

Tiene las mismas características del gorgojo del maíz, pero carece de las manchas en los élitros y no es volador.

iii) **Gorgojo del arroz (*Sitophilus orizae*)**

Tiene las mismas características que el gorgojo del maíz, pero es de menor tamaño.

iv) **Gorgojo del fréjol (*Acanthoselides obtectus*)**

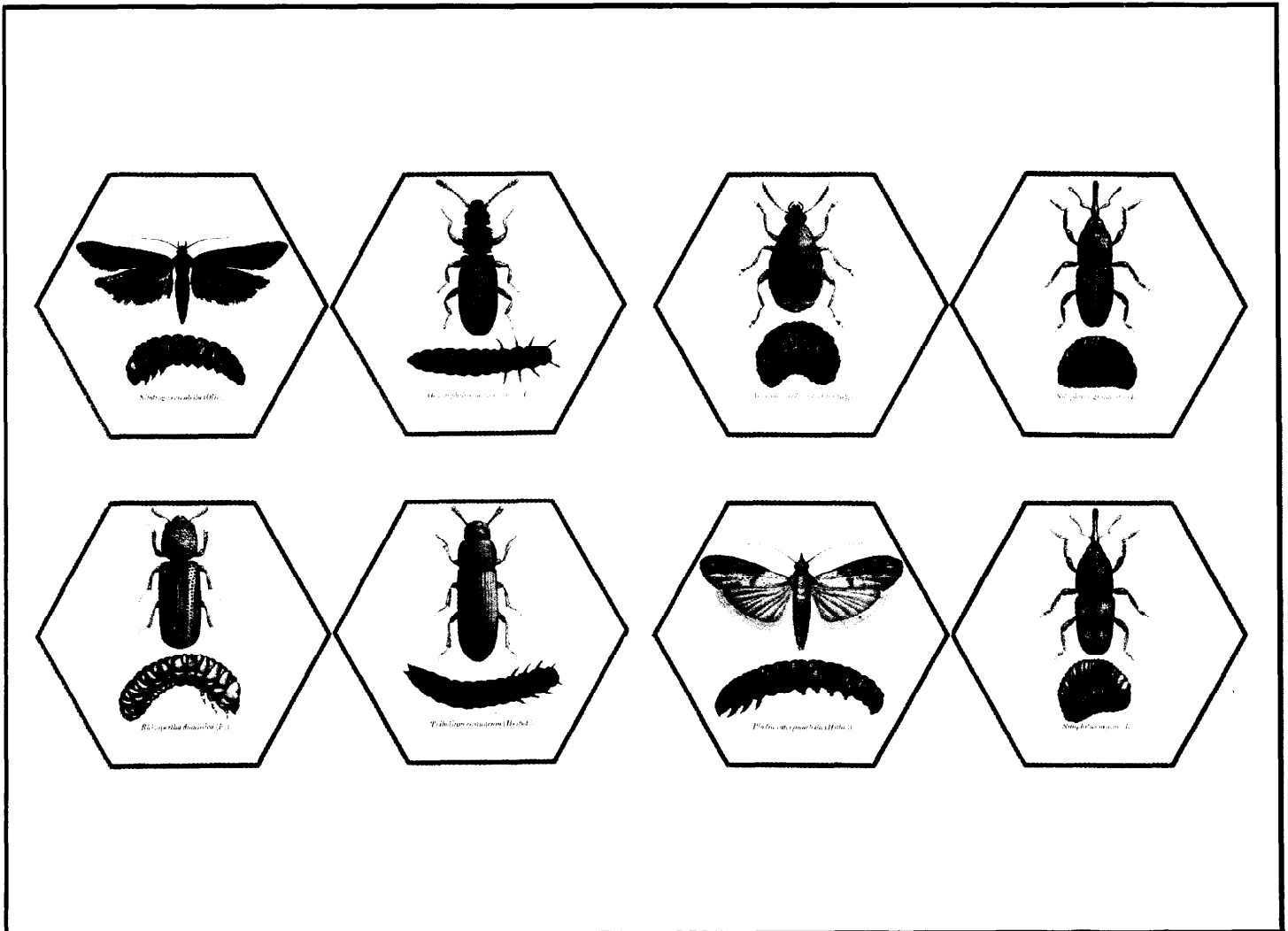
Es de mayor tamaño que los anteriores, 3 a 4 mm, carece de trompa, tiene el cuerpo redondeado y ensanchado en la parte posterior, y se alimenta exclusivamente de fréjol. La hembra deposita sus huevos en el interior de los granos, siendo visibles las perforaciones perfectamente circulares. El período de desarrollo es de 23 a 27 días en condiciones ideales. En cada grano se encuentran normalmente más de dos larvas.

v) **Barrenillo de los granos (*Rizopertha dominica*)**

Tiene cuerpo cilíndrico, de unos 3 mm, con la cabeza esférica y carece de trompa o pico. Inicia su ataque en el campo y lo continúa en el almacén. Ataca principalmente al maíz pero también a otros granos y su cuerpo es cilíndrico, de color café claro a oscuro. Es insecto volador y las hembras depositan de 400 a 500 huevos en la superficie de los granos o entre ellos.

**Figura 31**

**Principales insectos plaga de granos almacenados**



**vi) Polilla o palomilla dorada (*Sitotroga cerealella*)**

Es una pequeña mariposa nocturna de color amarillo pajizo, con cuatro alas funcionales. Las alas posteriores presentan en su borde una hilera de cerdas, a manera de flecos, y sus extremos terminan en punta, a manera de un dedo índice, lo que la identifica fácilmente. La hembra deposita los huevos sobre la superficie de los granos y la larva perfora y penetra en ellos.

El adulto no se alimenta y vive solo unos 4 días, por lo cual no produce daños directos al grano, siendo la larva la que lo destruye para alimentarse. Su tamaño depende del grano en que se alimenta y prefiere los climas tropicales y subtropicales. Ataca a los granos solamente en almacenamiento.

**vii) Polilla o palomilla bandeada (*Plodia interpunctella*)**

Es también una pequeña mariposa nocturna, que presenta en el tercio superior de las alas una coloración amarillo-pálido y en el resto color castaño-rojizo. Las alas son redondeadas. Ataca sobre todo al trigo, maíz y arroz.

**b)** Los insectos secundarios no tienen mandíbulas fuertes por lo que no pueden atacar granos enteros. Por ello, se encuentran en harinas y granos partidos, etc. Los principales insectos secundarios son:

**i) Gorgojo de la harina (*Tribolium confusum*)**

Tiene cuerpo alargado, de 3 a 4 mm, de color rojizo brillante. La hembra deposita racimos de huevos entre la harina y residuos de granos. No es volador y prefiere los climas templados y subtropicales.

**ii) Gorgojo castaño (*Tribolium castaneum*)**

Se diferencia del anterior porque es un poco más pequeño y de color castaño oscuro; es volador, y prefiere climas subtropicales y tropicales.

**iii) Gorgojo aserrado (*Orizaephilus surinamensis*)**

Es de cuerpo pequeño, aplanado y angosto. Su color varía de café oscuro a negro y posee seis grandes dientes, a manera de sierra, en los bordes del tórax. No es volador, ataca preferentemente al arroz pero también ataca otros granos, y se encuentra en climas tropicales y subtropicales.

## 8.2 Contaminación por hongos en granos almacenados

Los hongos son organismos multicelulares, que se multiplican por medio de esporas. En base a su comportamiento, los hongos aislados en granos de cereales y leguminosas, se clasifican en *hongos de campo* y *hongos de almacén*.

Los **hongos de campo** invaden los granos durante su desarrollo y cuando quedan expuestos a la excesiva humedad durante la cosecha. Son muy variados, y dependen del tipo de planta, localización geográfica y condiciones climáticas. Además de provocar cambios indeseables en la apariencia física de los granos, afectando especialmente el color, producen la reducción del poder germinativo.

Estos hongos desaparecen, gradual o rápidamente, en los granos almacenados durante algunos meses a temperatura ambiente y con valores de humedad del 12 al 14%, que corresponde a la humedad de equilibrio de granos con humedad relativa aproximada del 70%.

El daño causado por los hongos de campo ocurre antes de la recolección de los granos y no aumenta durante su almacenamiento. Los hongos de campo encontrados con mayor frecuencia son de los géneros *Cladosporium*, *Helminthosporium*, *Alternaria* y *Fusarium*.

Los **hongos de almacén** causan más daño que los hongos de campo. Aunque éstos usualmente no invaden los granos antes de su recolección, las esporas de algunos géneros están presentes en los granos antes de la cosecha.

Los hongos de almacenamiento se desarrollan con bajos valores de humedad de los granos, del 13 al 18%, correspondientes al equilibrio con humedades relativas de 70 a 85%.

Los hongos afectan normalmente al embrión de la semilla, siendo el endospermo poco afectado. Los granos recién cosechados, pueden estar poco afectados por hongos de almacenamiento, pero su nivel de infestación aumentará considerablemente si las condiciones de humedad y temperatura son altas. Los géneros más comunes encontrados en los granos son *Penicillium* y 12 especies de *Aspergillus*. (entre ellas, *A. restrictus*, *A. repens*, *A. amstelodami* y *A. rubens*).

Los granos infestados por hongos no son aptos para el consumo humano o animal, porque producen toxinas sumamente dañinas para los seres vivos, llamadas "Aflatoxinas" o más en general, "micotoxinas". Estas toxinas son cancerígenas y pueden producir la muerte en animales menores, e intoxicaciones y daños en el hígado en los humanos. Además, los hongos disminuyen el poder germinativo de las semillas, y producen calentamiento en la masa de los granos, lo que acelera su deterioro.

La forma más sencilla de prevenir la presencia de hongos en los granos almacenados, es *secar conveniente y oportunamente* el producto a niveles seguros. Para todos los cereales y granos este nivel se encuentra entre el 12 y el 14% de humedad. A nivel de campo, esto se logra mediante el secado de los granos o mazorcas al sol, por dos o tres días, y se comprueba con métodos empíricos conocidos por los agricultores, como morder un grano o partirlo con la uña, o con medidores de humedad.

### 8.2.1 Hongos de campo

El hongo *Alternaria* es bastante común en los granos y se encuentra frecuentemente en el maní.

El *Cladosporium* es común en granos de cereales expuestos al ambiente húmedo durante la cosecha, ocasionando oscurecimiento de la cáscara.

El *Helminthosporium* puede causar la decoloración del grano y muerte de la semilla durante la germinación. Generalmente no causa pérdida en el almacenamiento. Su ocurrencia es más acentuada en humedad ambiente elevada antes de la recolección.

El *Fusarium* causa alteraciones en las semillas de cebada, trigo y maíz, pudiendo también producir toxinas.

La gran mayoría de los hongos del campo requieren para su desarrollo altos niveles de humedad en los granos, de alrededor de 22 a 25%. (base húmeda). Estos valores corresponden a humedad alcanzada por granos en equilibrio con humedad relativa de 90% o más. Considerando que estos valores de humedad son raramente alcanzados por los cereales, se concluye que los hongos de campo no tienen importancia en el deterioro de estos alimentos, durante su almacenamiento.

Tales hongos desaparecen gradual o rápidamente en los cereales almacenados, dependiendo de la humedad de los granos y la temperatura de almacenamiento. La experiencia ha demostrado que los hongos de campo son destruidos en las muestras de cereales almacenados por algunos meses a temperatura ambiente y con valor de humedad alrededor de 13 a 14%. Estos hongos pueden sobrevivir durante años en granos secos, pero mueren rápidamente en granos en ambientes de humedad relativa por debajo del 70% (Aprox. 14% de humedad).

Los hongos de campo pueden afectar la apariencia y la calidad de las semillas y los granos. Usualmente, el daño causado a la semilla ocurre antes de su recolección, pudiendo ser detectado por el examen rutinario y no aumenta durante su almacenamiento.

### 8.2.2 Hongos de almacenamiento

Los hongos de almacenamiento usualmente no invaden de forma intensa los granos antes de su recolección. Estos están constituidos principalmente por *Aspergillus* (12 especies), y *Penicillium*. Entre los *Aspergillus*, los más frecuentes son: *A. restrictus*, *A. repens*, *A. amstelodami* y *A. rubens*.

Los hongos de almacenamiento se desarrollan en granos con humedades de alrededor del 13 al 18%, correspondiente a una humedad relativa de 70 a 85%.

La mayoría de los hongos son ampliamente diseminados por la naturaleza, en especial, en vegetales en descomposición, productos alimenticios, materiales de aislamiento hechos de fibras vegetales, artículos de cuero, pintura, etc.

Los hongos de almacenamiento normalmente afectan a los embriones de las semillas,

siendo el endospermo poco afectado. En estas condiciones la alteración aparece a nivel del germen o embrión, que desvaloriza mucho el producto para su comercialización.

Los granos recién cosechados presentan infestación muy pequeña por hongos de almacenamiento: sin embargo, el nivel inicial de contaminación de los granos aumentará considerablemente si las condiciones de almacenamiento les son favorables.

### 8.2.3 Principales factores que inciden en su crecimiento

Los principales factores que inciden en el desarrollo de los hongos durante el almacenamiento son:

- a) El **nivel de humedad** de los granos, puesto que los hongos se desarrollan rápidamente en productos con humedades altas. Este desarrollo produce además calentamiento del lote de granos.

La humedad presente en los alimentos no siempre se encuentra disponible para los microorganismos contaminantes. La presencia de ciertas sustancias como los solutos, coloides e iones, impiden que el agua sea directamente utilizada.

Las especies más resistentes son el *A. restrictus* y *A. halophilicus*, que no se desarrollan en una humedad relativa por debajo de 65%.

#### Cuadro 11

##### Contenidos límites de humedad para especies fúngicas

Especies de hongos	Trigo	Maíz	Sorgo	Soya	Humedad Relativa temperatura
<i>Aspergillus restrictus</i>	13.5	14.5	14.0-14.5	12.0-12.5	70%
<i>Aspergillus glaucus</i>	14.0	14.5	14.5-15.0	12.5-13.0	73%
<i>Aspergillus candidus</i>	15.0	15.5	16.0-16.5	14.5-15.0	80% 20-30°C
<i>Aspergillus ochraceus</i>	15.0	15.5	16.0-16.5	14.5-15.0	80% 20-30°C
<i>Aspergillus flavus</i>	18.0	18.5	19.0-19.5	17.0-17.5	85% 30-40°C
<i>Penicillium sp.</i>	16.5	19.0	17.0-19.5	16.0-18.5	80-90%

Fuente: M. le Bars J. *Developpement des moisissures dans les denrées alimentaires et mycotoxinogenese*. Station de pharmacologie - toxicologie. Inra, France, 1987.

Cuando el trigo es almacenado con humedad del 14.5% y una temperatura de 21°C, generalmente presentará el desarrollo de *A. restrictus*, cuya multiplicación dependerá de la humedad, temperatura y tiempo almacenamiento.

- b) La **temperatura de almacenamiento** es de suma importancia para los hongos de almacén y ésta se sitúa en un valor óptimo entre 30 y 32°C. Su actividad microbiana disminuye cuando baja la temperatura. Sin embargo, los daños causados por los hongos en granos almacenados, se siguen produciendo aunque la temperatura sea inferior a 30°C.



## 8.2.4 Producción de toxinas

Es muy importante conocer la capacidad de estos hongos de producir metabolitos tóxicos, llamados *Micotoxinas*. El estudio de estas toxinas ha aumentado en los últimos años y actualmente ya se conocen decenas de sustancias producidas por hongos que son bastante peligrosas a los hombres y los animales.

La "micotoxicosis" o intoxicación por hongos, fue descubierta en Inglaterra en 1960 a partir de un brote de elevada mortalidad en pavos alimentados con productos derivados del maíz. A partir de este brote se han realizado muchos estudios para identificar los causantes del problema. Actualmente, la *Aflatoxina* es la micotoxina más estudiada. Es producida por hongos del género *Aspergillus*, siendo el *A. flavus* y el *A. oryzae* los más peligrosos.

El *A. flavus* se desarrolla a una temperatura de 10 a 45°C con una temperatura óptima de 30°C y una humedad relativa de 75% o más. Las aflatoxinas son altamente patogénicas en animales domésticos y en las personas, presentando además, propiedades cancerígenas.

El problema del arroz deteriorado por contaminación fúngica fue bastante estudiado en Japón, donde el consumo de este cereal es muy acentuado. Entre los hongos productores de estas toxinas se destacan los géneros *Fusarium*, *Rhizopus*, *Aspergillus* y *Penicillium*.

En el género *Fusarium*, las especies *F. roseum* y *F. nivale* fueron responsables por los síndromes tóxicos en cerdos y equinos alimentados por cebada. Por otra parte, el *Penicillium islandicum*, es uno de los más destacados en el deterioro del arroz, después que se comprobó que el producto contaminado causaba lesiones hepáticas agudas y crónicas en ratas y conejos alimentados con el mismo.

El envenenamiento por *Penicillium rubrum* en el maíz fue observado por primera vez en Estados Unidos en 1962, cuando afectó a cerdos alimentados con maíz altamente contaminado. Esta micotoxicosis puede ocurrir en la forma aguda y crónica con lesiones hepáticas.

## 8.3 Los roedores como plaga de productos almacenados

Los roedores representan el 40% del total de mamíferos existentes en la actualidad. En América Latina las especies no nativas: *Rattus rattus*, *Rattus norvegicus* y *Mus musculus*, han tenido un arraigo muy acentuado ya que se sienten atraídas en forma natural por el hombre o sus desechos y buscan alimentos y albergue en los ámbitos humanos o su inmediata vecindad. En países subdesarrollados se estima que hay de tres a cuatro ratas por habitante, mientras que en países desarrollados hay una rata por habitante. Una pareja puede engendrar 600 crías por año: en el mundo se calcula que hay 3 000 millones de ratas.

La evaluación de los daños producidos por roedores es, junto con los aspectos sanitarios, el eje de todas las acciones emprendidas por cualquier tipo de campaña encargada de controlar las plagas. Luego de conocer los daños que causa una población de roedores, se puede determinar el monto en que tales daños sobrepasan el umbral económico.

Los roedores son una plaga para los alimentos en el campo y en el almacén, pues consumen una gran cantidad de productos y los contaminan mientras comen, echando a perder más del doble de la cantidad de alimento ingerido.

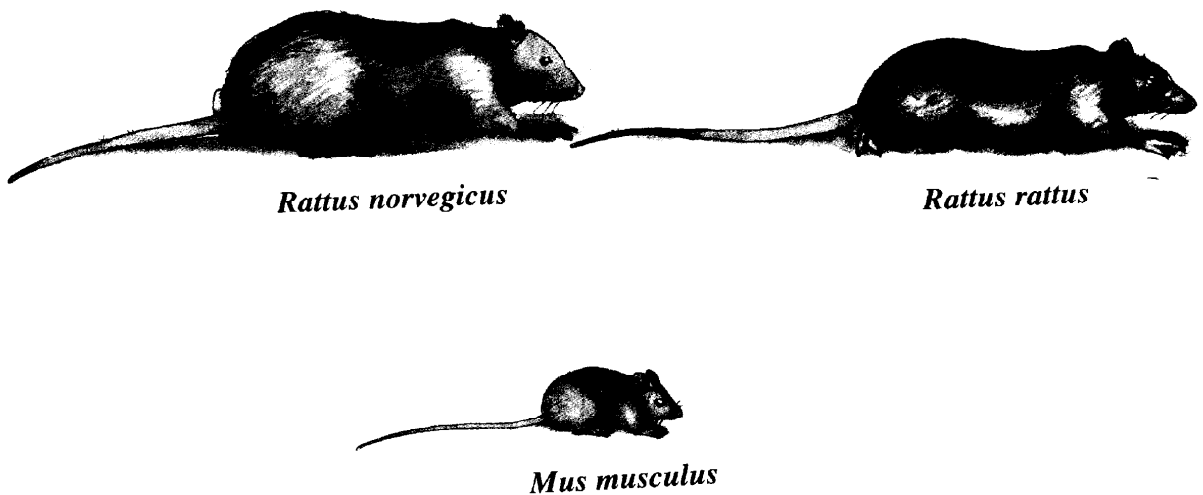
Las ratas y ratones con sus filosos incisivos, causan problemas tales como rompimiento de tuberías, alambres eléctricos y paredes ya que deben roer constantemente para desgastar sus dientes que crecen a razón de 10 a 15 cm por año.

Los roedores son un serio peligro para la salud del hombre y de los animales domésticos, pues transmiten graves enfermedades, como la salmonelosis, triquinosis, leptospirosis, peste bubónica, rabia, disentería amebiana, histoplasmosis, enfermedad de chagas, tifo, newcastle y otras.

En el almacenamiento de granos son importantes los tres tipos de roedores indicados anteriormente, cuyas características se observan en la figura 32. Todos se pueden encontrar migrando de las casas a los campos de cultivo o sitios de almacenamiento, siempre en busca de alimento, agua y refugio.

**Figura 32**

**Roedores plaga de granos y alimentos almacenados**



### 8.3.1 Características de los roedores

a) La *Rattus norvegicus*, Rata noruega, rata común o rata gris:

longitud y peso	de 32 a 45 cm y de 280 a 400 g
cabeza y cuerpo	nariz achatada, pesada, cuerpo grueso
cola	más corta que el cuerpo
orejas	pequeñas y juntas
piel	áspera, color café rojiza grisácea o parda
excrementos	forma de huso, de hasta 20 mm de largo
comportamiento	prefiere construir su madriguera en el suelo.

Además, tiene buen olfato, no ve bien y es agresiva.

b) La *Rattus rattus*, Rata negra o rata del techo:

longitud y peso	de 34 a 41 cm y de 240 a 360 g
cabeza y cuerpo	nariz puntiaguda, cuerpo delgado
cola	más larga que la cabeza junto con el cuerpo, sus movimientos son como los de un látigo
orejas	largas, se destacan fuera de la piel
piel	gris, negra, café, parda; en la región del vientre es de color blanco.
excrementos	forma de salchicha o plátano, de hasta 15 mm de largo
comportamiento	adaptadas a los climas tropicales, son buenas trepadoras, saltan hasta 1 metro, tienen el oído y olfato muy agudos pero mala vista; prefieren construir sus nidos en el techo y otros lugares elevados.

La rata gris y la rata de techo pueden atravesar aberturas de 1,3 centímetros, saltan verticalmente de 90 a 100 cm y horizontalmente hasta 1,2 m.

Pueden caer desde una altura de 15 m sin sufrir daño alguno, hacen huecos en la tierra de hasta 1,25 m, nadan en aguas abiertas hasta 800 m y bucean a través de cañerías buscando alimento por la noche. Cuando hay poblaciones numerosas, se pueden observar durante el día llevando alimento a sus madrigueras donde almacenan grandes cantidades que pueden o no consumir.

El período de gestación es de 21 a 23 días y tienen de cuatro a seis camadas por año, originando hasta 20 crías destetadas cada año. Alcanzan la madurez sexual de los tres a cinco meses de edad, viven aproximadamente tres años y, sin embargo, al año ya están viejas.

c) El *Mus musculus*, Ratón de casa o pulpero:

longitud y peso	de 15 a 19 cm y de 15 a 25 g
cabeza y cuerpo	pequeño
cola	igual, o un poco más larga que el cuerpo junto con la cabeza
orejas	prominentes, grandes en relación al tamaño del cuerpo
piel	sedosa, gris oscura

excrementos	forma irregular o de huso, hasta cinco mm de largo
comportamiento	corre en los hogares y en lugares de almacenamiento, es buen trepador, posee oído y olfato agudos, pero tiene mala vista.

El ratón penetra por aberturas de un centímetro de diámetro, salta de 30 a 50 centímetros y puede caer desde alturas de dos metros y medio sin hacerse daño.

Los sentidos más desarrollados son el olfato, gusto, tacto y oído; es cauteloso y tiene hábitos nocturnos pues desarrolla sus actividades alimenticias y reproductoras durante la noche y al amanecer.

El período de gestación dura de 19 a 21 días. Cada camada tiene de cinco a seis crías y alcanzan la madurez sexual entre las seis y diez semanas de edad. La hembra produce de seis a diez camadas y la vida de un ratón macho es de un año.

### 8.3.2 Indicios de la presencia de roedores

Antes de poner en práctica un plan de control de roedores, es necesario determinar la magnitud real de la plaga, los sitios donde viven, se mueven y se alimentan; las características ambientales y los defectos de las bodegas, almacenes y viviendas, que favorecen su crecimiento y desarrollo.

Lo anterior se fundamenta en la observación de las señales e indicios del ataque de roedores, tanto en los campos de cultivo como en los almacenes, bodegas y viviendas. Los indicios que se deben buscar son los siguientes:

#### a) En los campos:

- i) **Evidencia de daños:** los daños causados por roedores en el campo se manifiestan por la presencia de plantas con roeduras en el tallo y los frutos.
- ii) **Madrigueras:** Generalmente se localizan en los bordes de los canales de riego, en los diques de separación de parcelas y en los linderos de los terrenos, aunque a veces se encuentran en el centro de las parcelas.
- iii) **Caminos:** los roedores se desplazan siguiendo siempre la misma ruta desde sus madrigueras hasta los sitios donde comen o beben. Este paso continuo forma caminos definidos, fácilmente observables en la hierba baja y en la tierra.
- iv) **Huellas:** las huellas del desplazamiento de los roedores deben buscarse en los lugares fangosos y en los polvorientos.
- v) **Excrementos:** los excrementos de los roedores se encuentran en sus caminos, o junto a estos, y en lugares libres de vegetación.

**b) En las edificaciones:**

- i) En la parte exterior de las edificaciones deben buscarse los mismos indicios que en el campo.
- ii) **Evidencia de daños:** los daños se manifiestan por la presencia de roeduras en los soportes de los tejados, tuberías y cables, paredes, puertas y ventanas.
- iii) **Madrigueras:** se localizan fácilmente por la presencia de perforaciones en las paredes de las construcciones, particularmente al retirar objetos como leña, materiales de construcción y otros que estén junto a las paredes.
- iv) **Caminos:** los roedores acostumbran ir de un lugar a otro siguiendo siempre la misma ruta. En los edificios, los roedores circulan pegados a las paredes, por lo cual son notorias las manchas de grasa y suciedad que dejan en las superficies duras.
- v) **Excrementos:** al igual que en el campo, los excrementos de los roedores se localizan en los caminos o junto a ellos.

En el interior de las edificaciones es más difícil encontrar indicios de la presencia de roedores, debido a la cantidad de objetos que ocultan sus actividades. Sin embargo, la revisión periódica de los almacenes, bodegas, viviendas y depósitos, permite descubrir huellas en sitios polvorientos, manchas de grasa en el piso junto a las paredes, agujeros en las paredes, envases roídos, excrementos diseminados y roeduras en puertas y ventanas.

Debe indicarse, sin embargo, que una buena administración de un almacén de alimentos, *no debe permitir* que se acumule la "cantidad de objetos" de que habla el párrafo anterior. Un almacén o bodega debe estar siempre libre de desechos, maquinarias, objetos viejos y otros elementos ideales para la formación de madrigueras y nidos.

Una manera de comprobar la presencia de roedores, consiste en regar un polvo fino, sea harina o cal, en los lugares en los que se sospecha la actividad de ratas y ratones. A las 24 horas se buscarán sus huellas sobre el polvo.

Para determinar si los indicios son recientes o antiguos, se deben tomar en cuenta algunos detalles. Por ejemplo, la presencia de telarañas en la entrada de las madrigueras, indica que están deshabitadas; los excrementos húmedos y brillantes corresponden a actividades recientes; las roeduras opacas y cubiertas de polvo indican actividades antiguas.

Aunque no hay técnicas adecuadas para establecer el número de roedores en un determinado lugar, es posible estimar de manera aproximada la población en base a los siguientes criterios:

- a) **Población reducida** o ninguna población: cuando al realizar la observación de los lugares donde se sospecha la presencia de roedores, no se encuentran los signos y huellas ya indicados.

- b) **Población media:** se estima como población media de roedores cuando se observan huellas y signos de actividad antigua, pocos signos de actividad reciente y, esporádicamente, alguna rata en actividad. En este caso se estima una población aproximada de 10 ratas por cada rata observada en actividad.
  
- c) **Población alta:** cuando se observan huellas y signos recientes de actividad de roedores en varios sitios de la bodega; cuando se encuentran tres o más roedores caminando durante la noche o un roedor comiendo durante el día, se estima que la población es alta.

## CONTROL PREVENTIVO DE CALIDAD EN GRANOS ALMACENADOS

### 9.1 Introducción

Hay que comenzar esta sección diciendo que los **sistemas preventivos** del control de calidad, *Son más sencillos, Son más baratos y más fáciles de aplicar* que los sistemas correctivos. Los sistemas preventivos reducen el riesgo de deterioro de la calidad durante la cosecha y conservan la calidad durante el almacenamiento.

### 9.2 Concepto

Los *sistemas preventivos* de control de calidad, son un conjunto de actividades cuyo objetivo es **conservar la calidad** de los alimentos por el mayor tiempo posible, evitando que se presenten daños y pérdidas por plagas, contaminantes o por alta humedad. Al preservar la calidad, se mantiene también, la inocuidad para su consumo por seres humanos.

Estas acciones *preventivas* incluyen:

- la inspección de los productos,
- la limpieza y clasificación de los mismos,
- el secado oportuno,
- la higiene y limpieza de las instalaciones y de la vivienda, y
- el control permanente de plagas.

**La inspección** de los granos permite determinar señales de daño como focos de calor que pueden ser causados por la presencia de insectos o de hongos, o por alta humedad del producto o por presencia de roedores. La inspección de las instalaciones, sean estas pequeñas o grandes, permite comprobar el estado general de las estructuras y de las cubiertas, pisos, paredes, puertas y ventanas, para reparar sus desperfectos.

La inspección, tanto de los granos como de las instalaciones, es una actividad sencilla pero fundamental que debe ser cuidadosamente planificada y ajustada a una rutina.

**La limpieza y clasificación** de los productos son fundamentales para separar las im-

purezas que siempre vienen del campo como la paja, vainas, tallos, etc. y para separar los granos o mazorcas que muestran evidentes daños o deterioro. El uso de todo sistema de almacenamiento requiere de una limpieza y clasificación previas.

**El secado oportuno** también es indispensable porque todos los granos y cereales tienen humedades superiores a las seguras para su almacenamiento. Es necesario secar al sol las mazorcas de maíz y los granos que se vayan a guardar en cualquiera de los sistemas de almacenamiento, a niveles entre el 12 y el 14% de humedad.

**La higiene y limpieza** de las instalaciones es *fundamental* para el control de calidad y la inspección segura. Una cosecha que se guarde en un almacén descuidado seguramente va a contaminarse e infestarse con los insectos e impurezas del local. Por lo tanto, es necesario limpiar e inspeccionar cuidadosamente todo recipiente, estructura o local, antes de almacenar la nueva cosecha, porque se trata de alimentos para seres humanos.

### **9.3 Control preventivo de insectos plaga en granos almacenados**

El control *preventivo* de insectos en granos almacenados pretende evitar que los insectos se multipliquen y produzcan daños graves. En otras palabras, se lleva a cabo para identificar el problema, antes de que este se convierta en inmanejable.

El eficiente control preventivo se fundamenta en las siguientes acciones:

- a) En la **inspección de los granos** para determinar su grado de humedad y la presencia de granos dañados, impurezas e insectos en diferentes estados de desarrollo.
- b) La **inspección del granero o bodega** para determinar sus condiciones de orden, aseo e higiene y mantenimiento de paredes, pisos y cubiertas.
- c) En la **limpieza y desinfestación** de los envases para transportar los granos.
- d) En la **aplicación preventiva** de insecticidas en los pisos, paredes, puertas y techos de almacenes y lugares de almacenamiento por medio de aspersiones.

Los granos deben ser inspeccionados al momento de la recepción y regularmente mientras están almacenados. Deben comprobarse especialmente la humedad y temperatura de los granos y la presencia de insectos, hongos, roedores y materiales extraños.

La inspección de las instalaciones implica revisar las áreas aledañas, la estructura interior y exterior, condiciones generales de orden y aseo y estado de los equipos de manipuleo.



### 9.3.1 Recomendaciones para el control preventivo de insectos

Para reducir el ataque de insectos y mantenerlos en niveles manejables, debe hacerse lo siguiente:

- a) Se deben **secar los granos** a niveles entre el 12 y el 14 % de humedad. El secado al sol ayuda a eliminar huevos y larvas. Además, los granos con bajos contenidos de humedad son menos propicios a ser infestados por insectos.
- b) Se deben **limpiar los productos** separando los granos dañados, enfermos y rotos y las impurezas como restos de cosecha, excrementos, semillas extrañas, pajas, tallos y otras. Las impurezas y productos extraños son ideales para abrigar insectos y larvas.
- c) Es necesario **limpiar y desinfectar** los graneros, procurando que se mantenga un buen nivel de higiene en todos los lugares donde se almacenan los alimentos.
- d) Es conveniente **limpiar los equipos y herramientas**, para prevenir contaminaciones de los productos.

### 9.4 Control preventivo de roedores

Los controles preventivos para los roedores en viviendas, almacenes y bodegas son los mismos que para los insectos: limpieza, control de malezas y medidas permanentes de higiene en las instalaciones.

El *control preventivo* puede apoyarse en las actividades siguientes:

- a) Tapar las grietas de pisos, paredes, cubiertas, puertas y ventanas, para prevenir la entrada de roedores a la vivienda o bodega. Los roedores plaga de los granos consumen todo tipo de alimentos y dañan toda clase de estructuras. Por ello, es muy importante que el lugar de almacenamiento tenga barreras contra ratas y ratones.
- b) Pintar de blanco las paredes, para facilitar la inspección y la identificación de plagas, actividad de roedores, etc. En un lugar limpio y claro es mucho más fácil identificar la actividad de roedores, que en sitios sucios, descuidados y oscuros.
- c) Mantener limpios los alrededores de la vivienda, almacén o bodega, para impedir la actividad de roedores, identificar madrigueras, y lograr un nivel de higiene aceptable.

### 9.5 Control preventivo de hongos en granos almacenados

A nivel de campo, las medidas preventivas para impedir o reducir la proliferación de hongos y toxinas en los granos almacenados, se reducen a un adecuado manejo y al **secado oportuno** de los productos. Es importante también, la limpieza y separación de los granos dañados, las impurezas y materias extrañas.

Es de anotar que granos invadidos por hongos no pueden librarse de la infestación por medio de la limpieza o con el uso de zarandas. La limpieza probablemente quitará las esporas externas de la superficie de los granos, pero no eliminará los hongos y toxinas del interior de los granos.

## CONTROLES CURATIVOS EN GRANOS ALMACENADOS

A pesar de que se lleve a cabo un sistema eficiente de medidas preventivas para el control de calidad, es muy probable que se presenten infestaciones de insectos o presencia de roedores en las bodegas, viviendas y almacenes. Por lo tanto, es importante conocer cuáles pueden ser las medidas *curativas* una vez que se ha detectado la presencia de roedores o de insectos.

### 10.1 Medidas curativas para control de insectos

Hay que llevar a cabo *controles curativos* cuando se ha establecido la presencia de insectos o la evidencia de sus daños a través de la inspección del grano y del granero o bodega. El control curativo se fundamenta en el uso de insecticidas y fumigantes, para eliminar, en lo posible, todos los insectos vivos en sus diferentes estados de desarrollo.

#### 10.1.1 Medidas curativas de control con insecticidas

Los insecticidas son sustancias sólidas, líquidas o gaseosas que producen la muerte de los insectos por contacto, ingestión o inhalación. Los insecticidas gaseosos se denominan "fumigantes".

Los *insecticidas*, en general, se encuentran en el mercado en forma de polvos, polvos mojables, granulados y emulsiones concentradas. Los *fumigantes* se consiguen en forma de pastillas. Bajo ciertas condiciones de temperatura, humedad y presión, el gas se desprende de las pastillas y se difunde ocupando todos los espacios.

Para realizar eficientemente el control químico de insectos, es necesario conocer las *diferencias* generales entre los **insecticidas** sólidos y líquidos y los insecticidas **fumigantes**, que son las siguientes:

INSECTICIDAS	FUMIGANTES
<p>Se aplican en <b>superficies</b>, (Paredes, pisos, cubiertas, puertas, ventanas) por medio de aspersiones</p> <p><b>Tienen poder residual</b>, es decir, su efecto dura un cierto tiempo.</p> <p>Son <b>sólidos y líquidos</b> que se mezclan con elementos inertes para su aplicación.</p> <p>Se aplican con aspersores, bombas de mochila, etc., con protección para el operario</p> <p>Matan los insectos <b>por contacto e ingestión</b>. Es decir, que los insectos tienen que ir a donde está el insecticida, que solo llega a la superficie de los granos o envases</p>	<p>Se aplican en <b>volúmenes</b> herméticos (Silos, tanques, graneros) y con carpas de fumigación para estibas.</p> <p>Los fumigantes <b>No tienen poder residual</b></p> <p>Son <b>gases</b> que se desprenden de pastillas de fosfina (fosforo de aluminio o de magnesio)</p> <p>Las pastillas no necesitan equipo especial para aplicarlas, pero sí, equipo de protección para el operario</p> <p>Matan los insectos <b>por inhalación</b>. El gas llena todo el volumen y llega a donde están las larvas e insectos, aún dentro de los granos.</p>

Debe recordarse que todos los fumigantes son insecticidas, pero no todos los insecticidas son fumigantes. Por ejemplo, no debe decirse que se va a hacer una "fumigación" con Malathion en las paredes de una bodega. La aplicación de insecticidas como el Malathion se hace por **aspersión** con una bomba adecuada.

## 10.2 Recomendaciones para control curativo

Para evitar la contaminación de los alimentos y la intoxicación o muerte accidental de personas y animales domésticos y silvestres, deben aplicarse las siguientes recomendaciones:

- a) **Capacitar al personal** responsable del control sanitario en aplicación de insecticidas, rodenticidas y fumigantes. *Sólo personal capacitado deberá manipular estos plaguicidas.*
- b) **Respetar las instrucciones** del técnico o del fabricante, en cuanto a las dosis y formas de aplicación. La aplicación indiscriminada o en dosis equivocadas puede causar la resistencia de los insectos a determinado plaguicida, o hacer infructuosa la operación, con el desperdicio de tiempo y dinero.
- c) **Realizar la rotación** de insecticidas para evitar que aparezca resistencia en los insectos.
- d) **Aplicar productos recomendados**, en las dosis recomendadas, y observando los límites de tolerancia.

- e) **Evitar el uso indiscriminado de productos.**
- f) **Utilizar los equipos de protección personal.** No puede permitirse que por exceso de confianza o descuido de los operarios, se manipulen los plaguicidas irresponsablemente.
- g) Aplicar *fumigantes solamente en recipientes herméticos o hermetizados*. Cualquier escape que pueda tener el recipiente hace inefectiva la fumigación.
- h) **Utilizar los equipos adecuados** de aplicación del producto. No se debe improvisar ni usar equipos diseñados para otros fines.
- i) **Mantener herméticos** los recipientes fumigados, durante por lo menos cinco días, de acuerdo a las recomendaciones del técnico y del fabricante.
- j) Cuando se fumiguen estibas o productos a granel, se pueden utilizar carpas impermeables a los gases y mangueras u otros mecanismos para evitar fugas.

### 10.3 Dosificación de insecticidas

Al hablar de insecticidas, es necesario definir algunos conceptos:

- a) La **Dosis** es la cantidad de sustancia química que se debe aplicar. Se expresa en unidades de peso o volumen de producto comercial o de ingrediente activo, por unidad de superficie o de volumen.
- b) El **Ingrediente activo** es la sustancia química que produce la muerte de los insectos y que, comercialmente, está mezclada con sustancias inertes como talco, harina y agua. Se identifica como "**I.a.**"
- c) La **Concentración** es la cantidad de ingrediente activo o de producto comercial, contenido en un peso o volumen de material inerte. Se expresa en porcentaje, en relación peso-peso, peso-volumen o volumen-volumen; por ejemplo: 57%; 10 ppm (10 g de i.a. por 1'000.000 de g de grano).
- d) **Producto concentración por tiempo** ( $C \times T$ ): es la relación entre la concentración de un determinado producto, que se necesita mantener en el aire durante cierto tiempo, para matar al 99 % de larvas a temperatura ambiente de 20o C. Por ejemplo: un producto con una concentración de 33.2 mg/litro ha matado al 99 % de larvas en 5 horas. El producto concentración por tiempo es 33.2 mg/litro x 5 horas = 166 mg/lt/hora, que también se expresa en g/metro cúbico/hora.
- e) El **Límite máximo para residuos** (L.R.M.): es la cantidad máxima aceptable de insecticida que puede estar presente en los alimentos. Se establece en ppm o mg/kg.

Con estos antecedentes, se pueden hacer las siguientes recomendaciones prácticas:

- a) Para rociar las paredes, pisos, cubiertas, puertas y ventanas de bodegas, se mezclan cinco centímetros cúbicos de **Malathion** al 57% en 1 litro de agua. Este proceso de humedecer las superficies se llama **aspersión** y nunca debe confundirse con "fumigación". La aspersión permite que el líquido se difunda en forma de gotitas diminutas a través de las boquillas y que cubra uniformemente grandes superficies con poca cantidad.
- b) Un litro de esta solución cubre una superficie de aproximadamente 30 metros cuadrados usando la boquilla de aspersión recomendable. No se trata de mojar totalmente las superficies sino de humedecerlas uniformemente.
- c) No se debe aplicar esta solución a granos ensacados ni a granel. La aspersión de Malathion es para superficies, pero no para los productos.
- d) Para controlar insectos en mazorcas de maíz, se deben acomodar en capas de 20 cm de altura. Sobre cada capa se espolvorea una mezcla de Malathion con ceniza, harina o talco, de modo que la concentración no sea mayor a 10 ppm o sea 10 g de i.a. por tonelada métrica de granos.
- e) Se debe aplicar el insecticida solamente en mazorcas con su cubierta (brácteas), almacenadas en trojes o bodegas.
- f) Se debe aplicar la mezcla insecticida utilizando un frasco o tarro, cuya tapa tenga perforaciones, para que la distribución del insecticida sea lo más uniforme posible.
- g) Para aplicar el insecticida debe utilizarse equipo de protección, incluyendo mascarilla para el operario y guantes apropiados.

#### **10.4 Aplicación de nebulizaciones de insecticidas**

Un sistema alternativo para aplicar insecticidas líquidos, es la *nebulización*. Este sistema también se llama "producción de niebla", y se realiza con aparatos especiales para el efecto.

La producción de una niebla se obtiene con el uso del calor que produce gotitas todavía más pequeñas que en las aspersiones, de unas 50 micras de diámetro. El nebulizador produce una mezcla de aceite diesel con el insecticida en forma de humo o niebla que llena los volúmenes de la bodega, almacén, vivienda, etc. Estas diminutas partículas permanecen flotando en el aire por un tiempo, matando insectos voladores y llegando también a los que estén en paredes, techos y pisos.

La nebulización de insecticidas se realiza con los productos y dosificaciones que se indican enseguida:

## Cuadro 12

### Insecticidas y dosificaciones para nebulización

Producto	Fórmula	Dosificación, ml/100m <sup>3</sup>
Deltametrina	10 E	2
Diclorvos	50 E	5
Malathion	60 E	7
Pirimifos metil	50 E	5

Fuente: "Manual de Manejo: Poscosecha de Granos a Nivel Rural" FAO

### 10.5 Aplicación de fumigantes

La *Fumigación* se refiere a la aplicación de productos que en ciertas circunstancias de humedad, temperatura y presión atmosférica, producen **gases** que son venenosos para los insectos (y para otros seres vivos).

Ya se observaron en una tabla comparativa de la sección 10.1.1, las diferencias entre "fumigantes" e "insecticidas", para diferenciar tanto los términos como sus aplicaciones. La fumigación tiene características muy positivas para lograr el control de todas las fases de desarrollo de los insectos, porque el **gas** (no el líquido en gotitas) penetra en todas las rendijas, entre los sacos, y *dentro de los granos*, para matar las larvas, pupas, ninfas y adultos de los insectos. Los granos pequeños y los que se encuentren con muchas impurezas serán más difíciles de fumigar.

Para que la fumigación sea efectiva, se requiere cumplir con los siguientes requisitos:

- a) **El recipiente o carpa debe ser totalmente hermético.** Cualquier orificio disminuye la efectividad de la operación.
- b) **El fumigante debe estar un tiempo suficiente y en concentraciones adecuadas** para lograr la eliminación de todas las formas de insectos en el producto. Si el recipiente o carpa no es lo suficientemente hermético, se irá perdiendo concentración del gas con el tiempo, disminuyendo su eficacia, o en últimas, invalidando el proceso.

En las décadas de los 70 y 80 se utilizaron varios productos fumigantes para el control de insectos en granos almacenados a gran escala. Entre ellos, el *Bromuro de Metilo*, y el *Tetracloruro de Carbono*, además del Fosforo de Aluminio o "Fosfina". En los últimos años, tanto la OMS como la FAO han retirado su recomendación para los dos primeros, por sus implicaciones en la salud y seguridad de las personas. Por lo tanto, el único fumigante seguro en la actualidad es la Fosfina, de la cual se habla en este documento.

## 10.6 Uso de fumigantes a base de Fosfina

La descripción detallada de la fumigación de estibas de sacos con fosfina bajo carpas impermeables, se encuentra en el documento "**Manual sobre administración de Bodegas de Alimentos**", y en los catálogos de los fabricantes y distribuidores.

La Fosfina se presenta comercialmente en forma de pastillas que contienen fosforo de aluminio, bicarbonato amónico y urea. Las pastillas están recubiertas de parafina para regular la producción del gas.

Cuando se exponen las pastillas a la humedad del aire, del producto y de los empaques, se desarrolla una reacción química que produce la fosfina o *fosforo de hidrógeno*,  $\text{PH}_3$ , que es un gas liviano que se disipa rápidamente por la atmósfera del recipiente hermético. Su densidad es muy similar a la del aire por lo que se facilita su dispersión. Como sub productos, quedan un residuo de hidróxido de aluminio, y una muy baja proporción de gas sin generar.

El diseño comercial del producto permite manipularlo con seguridad, ya que la producción del gas no comienza sino después de unas dos horas de exponer las pastillas a la humedad ambiente. Con ello, hay tiempo suficiente para preparar el producto y de hermetizar el recipiente o carpa, sin riesgos para los operarios. La producción del gas termina en unas 72 horas.

Las presentaciones comerciales de la fosfina son fáciles de usar tanto para instalaciones grandes, como para fumigación de pequeñas cantidades de granos y semillas, a nivel de agricultor. Las pastillas de fosfina han sido ampliamente conocidas en el agro ecuatoriano, pero es evidente que en muchos casos, su uso es inadecuado. Es por lo tanto fundamental insistir en el manejo responsable del producto y en su uso para la eliminación de insectos. **No se deben usar pastillas de fosfina, solas o en cebos, para el control de roedores.**

El manejo adecuado de la fosfina como fumigante requiere de las precauciones siguientes:

- a) Las pastillas vienen en los empaques originales totalmente herméticos. *Es indispensable* mantener las pastillas de esa manera. Cuando se abre un tubo o recipiente de pastillas para sacar unas pocas, se debe proceder inmediatamente a cerrar muy bien el tubo original, para evitar que el resto de pastillas se descomponga con la humedad.
- b) Siempre se deben usar guantes o una funda de plástico en las manos para manipular las pastillas. No se debe fumar o comer mientras se trabaja con la fosfina.
- c) Hay que insistir en que la fosfina *es un gas* y que por lo tanto, sólo puede usarse en recintos y empaques herméticos.
- d) El operario debe lavarse las manos después de haber manipulado las pastillas de fosfina.
- e) La fosfina es un veneno agudo para los seres humanos y los animales. Por ello, la apli-



cación de fosfina debe realizarse en espacios herméticos y por personal que conoce sus efectos y características.

Se recomienda estudiar los manuales mencionados en este documento y los catálogos de fabricantes y distribuidores, que contienen toda la información necesaria sobre el tema.

### 10.6.1 Presentación comercial de la fosfina

La fosfina se encuentra disponible bajo los nombres comerciales de "Phostoxin", "Gastoxin", "Detia" y otros. Todos tienen la misma fórmula química y las presentaciones son en forma de pastillas de 3 gramos y en algunos países, como comprimidos de 0,6 gramos.

Se consiguen tubos con pastillas y también fundas herméticas de tres unidades de 3 g cada una. Esta presentación es muy práctica para aplicaciones a pequeña escala.

### 10.7 Dosis de aplicación de la fosfina

Para que una fumigación con fosfina sea exitosa se requiere que la concentración del gas se mantenga por un *tiempo mínimo de tres días*. La temperatura ambiente es muy importante porque a bajas temperaturas los insectos tienen un metabolismo reducido y no absorben el gas.

**Cuadro 13**

#### Aplicación de pastillas de Fosfina para fumigación

Forma de almacenamiento	Comprimidos de PH <sub>3</sub> (0.6 g)	Pastillas de PH <sub>3</sub> (3 g)	Tiempo mínimo de exposición
Silos	15-30/t	3 a 6	72 horas
Almacenamiento a granel	30-50/t	6 a 10	72 horas
Espacios vacíos	5-10/m <sup>3</sup>	1 por m <sup>3</sup>	6 horas
Con carpas (estibas)	10-15/t	2 a 3	3 a 4 días

El tiempo mínimo debe incrementarse cuando la temperatura es menor de 20°C. El cuadro siguiente indica los tiempos mínimos para temperaturas menores a 20°C:

Temperatura °C	Tiempo mínimo de exposición
Menos de 10	No recomendable
10 - 15°C	5 días
16 - 20°C	4 días

Es importante anotar que con temperaturas menores de 10°C *no se debe fumigar* porque los insectos disminuyen considerablemente su actividad metabólica y por lo tanto, la fumigación no cumple con su objetivo.

## 10.8 Fumigación de pequeñas cantidades

Para la fumigación segura y fácil de pequeñas cantidades de granos infestados se puede usar la funda plástica que está elaborada de polietileno de baja densidad. Su espesor mínimo debe ser de 0.4 mm y sus medidas son 63 x 122 cm, aproximadamente, con una capacidad de almacenamiento de 1 qq.

Es necesario insistir que el espesor señalado de la funda (0.4 mm), es el *mínimo* adecuado para soportar la manipulación con el grano y para conservar la hermeticidad necesaria cuando se aplica el fumigante para eliminar los insectos plaga.

Las ventajas de la funda plástica para fumigación, son las siguientes:

- a) Las fundas plásticas son fáciles de adquirir en cualquier almacén de expendio de artículos de polietileno (plásticos).
- b) Por su volumen, son fáciles de guardar, almacenar y transportar.
- c) Los granos pueden almacenarse en buenas condiciones por períodos de hasta un año, manejando adecuadamente la funda y teniendo cuidado que ésta no sufra roturas o daños que la inhabiliten.
- d) Son económicas y rentables por los beneficios que se obtienen con su uso.

Si bien la funda plástica tiene ventajas, también puede sufrir daños que la inhabiliten, causados por la inadecuada manipulación o por ataque de roedores con consecuentes pérdidas o infestación del grano almacenado.

El manejo adecuado de las fundas y su cuidado y control aseguran su duración y eficacia.

### 10.8.1 Práctica de fumigación en la funda plástica

El grano a ser fumigado deberá estar seco, limpio y frío para ser almacenado en la funda plástica. Mayor información al respecto se obtiene del Documento "*Manual sobre Administración de Bodegas de Alimentos*".

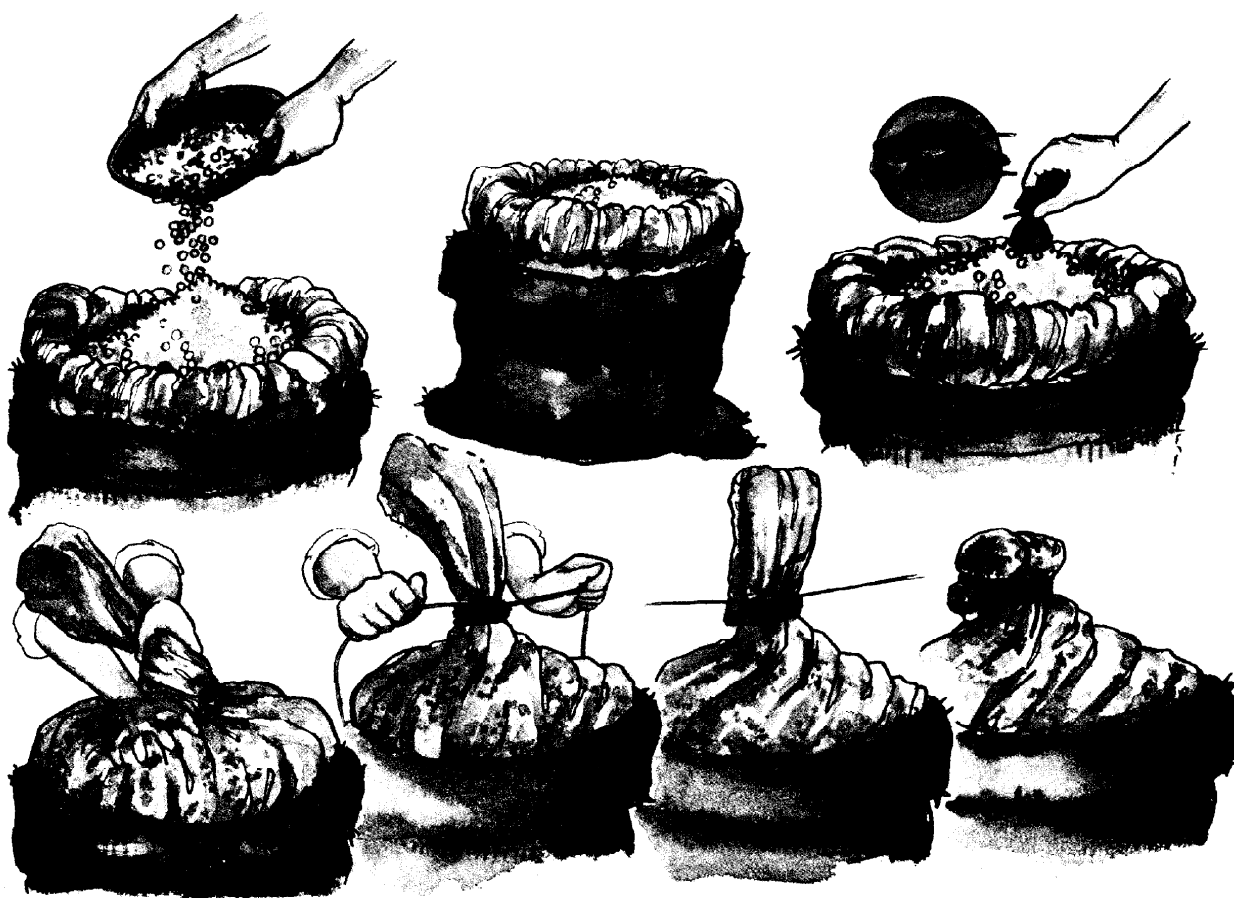
La práctica de fumigación de hasta un quintal de grano en la funda plástica, debe seguir los pasos siguientes:

- a) Primero, se debe asegurar que la funda no tenga agujeros de ninguna clase. Para ello se deberá tomar una funda vacía, inflarla, cerrarla y comprobar que no exista pérdida de aire, poniéndola junto a la piel para "sentir" que no se escapa el aire.
- b) Segundo, se coloca la funda plástica dentro de un saco de yute, polipropileno u otro material, que sirve para protegerla durante el manipuleo y evitar posibles perforaciones.

- c) Tercero, se coloca el grano en la funda y luego, se coloca una pastilla de fumigante dentro de la funda, previamente envuelta en un trozo de tela o papel periódico, y atado con un hilo (no se debe envolver la pastilla en trozos de plástico).
- d) Se puede utilizar una tableta de fosfina (fosfuro de aluminio), que comercialmente se encuentra como "Phostoxin", "Gastoxin" o "Detia". Las pastillas que no sean utilizadas se guardarán en un recipiente hermético, como frascos pequeños completamente secos y con tapa en buen estado, tubos para rollos fotográficos con su tapa, etc.

**Figura 33**

**Fumigación en funda plástica**



- e) Cuarto, se procede a cerrar la funda como se indica a continuación:
- Se presiona la funda para sacar el exceso de aire.
  - Se cierra y amarra fuertemente la funda para que no se escape el gas fumigante.
  - Se retuerce el extremo amarrado de la funda y se amarra nuevamente.
- f) Quinto, se coloca la funda bien amarrada sobre una superficie plana y elevada. La funda deberá permanecer cerrada por un período mínimo de cinco días.

Se debe abrir la funda, cuando se requiera, en un lugar abierto, fuera de la casa y evitando respirar el gas.

En todas las ocasiones que se necesite parte del producto almacenado, deberá sacarse el grano necesario y volverse a cerrar la funda para que no entren insectos. De esta forma el grano estará en perfecto estado y listo para preparar los alimentos o para ser utilizado como semilla. Cuando el grano va a ser utilizado como semilla, se deberá abrir la funda por dos o tres minutos, por lo menos cada quince días, durante el período de almacenamiento para que los granos puedan respirar.

## 10.9 Técnicas para el control de roedores

Los roedores plaga de los productos alimenticios están en todas partes y por ello es prácticamente imposible erradicar la plaga por completo. Todo plan de control de ratas y ratones debe ser el complemento de las *Medidas Preventivas* analizadas con anterioridad. Con ello, se podrán controlar las poblaciones de roedores de manera que no representen un grave problema y que no causen pérdidas y daños considerables.

El control integrado de los roedores plaga tiene varios aspectos. A continuación se indican los diversos componentes.

### 10.9.1 Medios físicos

Son los recursos mecánicos que permiten reducir la población de roedores. El control físico se hace utilizando palos, machetes, barreras, trampas y recipientes resistentes.

- a) **Barreras:** las bodegas y otras edificaciones pueden ser protegidas contra roedores, utilizando en su construcción materiales resistentes como piedra, ladrillo, hormigón y metales.

Las puertas, ventanas y sus marcos, deben ser protegidas con lámina metálica, colocada hasta una altura de 30 cm desde la base.

Los orificios de ventilación y los agujeros por los cuales van los cables eléctricos y tuberías, deben cubrirse con malla metálica cuyas perforaciones no sean mayores a 7 mm.

Cuando las construcciones se han hecho con materiales blandos como adobe, tierra o madera, es difícil evitar el acceso de roedores. En este caso conviene guardar los alimentos en recipientes de vidrio, metal u otro material resistente.

- b) **Escudos:** para evitar que los roedores tengan acceso a los graneros construidos sobre pilares, a los trojes y a los altillos en el interior de las viviendas, se utilizan los escudos, que consisten en una lámina metálica de 25 cm de ancho, colocada a manera de banda rodeando los pilares, a una altura mínima de 60 cm desde el suelo.

Con el mismo resultado se puede utilizar, en lugar de la banda, una lámina metálica, cuadrangular o circular, que sobresalga al menos 20 cm de los pilares, a manera de pantalla. Sin embargo, esta protección no debe usarse donde haya actividad de niños, por el riesgo de que se corten con el metal.

En ambos casos se debe mantener alejados de los graneros y altillos los mangos de herramientas, escaleras, palos o plantas por los cuales puedan subir los roedores.

- c) **Trampas:** constituyen uno de los medios físicos tradicionales para reducir el número de roedores y aunque es lento e ineficaz, aún se utiliza en las viviendas y bodegas.

Los tipos más conocidos de trampas son los de guillotina, los de jaula y los cepos. Todas requieren de un cebo que está fijado en el mecanismo disparador. Las trampas deben colocarse perpendiculares al camino de los roedores con el mecanismo disparador hacia el frente.

**Figura 34**

### **Trampas para roedores**



## 10.9.2 Medios químicos

Consisten en la utilización de venenos, llamados "rodenticidas", para reducir la población de ratas y ratones. Los rodenticidas se clasifican en *agudos* o de acción rápida, generalmente con ingredientes derivados del fosforo de zinc, y *crónicos* o de acción lenta, caracterizados por los derivados de la coumarina.

- a) **Los rodenticidas agudos** son aquellos que, con pequeñas dosis, provocan la muerte de los roedores. Se denominan también de dosis única y son relativamente fáciles de aplicar. Sin embargo, son poco eficientes porque, al sentir el peligro, los roedores segregan sustancias hormonales que alertan a otros roedores y se produce rechazo al cebo envenenado. Son también muy peligrosos porque son *venenosos* para los animales domésticos y para las personas, cuando se usan de manera inadecuada.
- b) **Los rodenticidas crónicos** son tóxicos de acción lenta que para ser efectivos, requieren ser ingeridos varias veces hasta acumular la dosis letal. Actúan como *anticoagulantes* y la muerte de los roedores se produce por hemorragia interna y afecciones hepáticas. La acción de estos rodenticidas demora de 4 a 6 días y los animales mueren dentro de sus madrigueras, por lo cual se observan pocos animales muertos.

También hay en el comercio rodenticidas crónicos de *dosis única*, que tienen las ventajas de los venenos crónicos, además de que solo es necesario de que el animal coma una vez.

## 10.9.3 Medios biológicos

Son aquellos que permiten reducir la población de roedores sin utilizar medios físicos o químicos. Consisten en limitar su capacidad reproductora reduciendo el acceso al alimento, agua y refugio y alterando el ambiente biótico.

Se han probado diversos mecanismos de control biológico de roedores, entre ellos la introducción de predadores, como perros, gatos, reptiles y aves de rapiña, pero ninguno es totalmente efectivo en la práctica.

## 10.10 Control integrado de los roedores

Los medios físicos, químicos o biológicos, por sí solos, no son suficientemente efectivos para garantizar un adecuado control de los roedores. Por ello es necesario combinarlos para que sus efectos sean complementarios. Entonces, el control integrado consiste en la combinación racional y equilibrada de recursos físicos, químicos y biológicos para mantener la población de roedores en niveles aceptables.

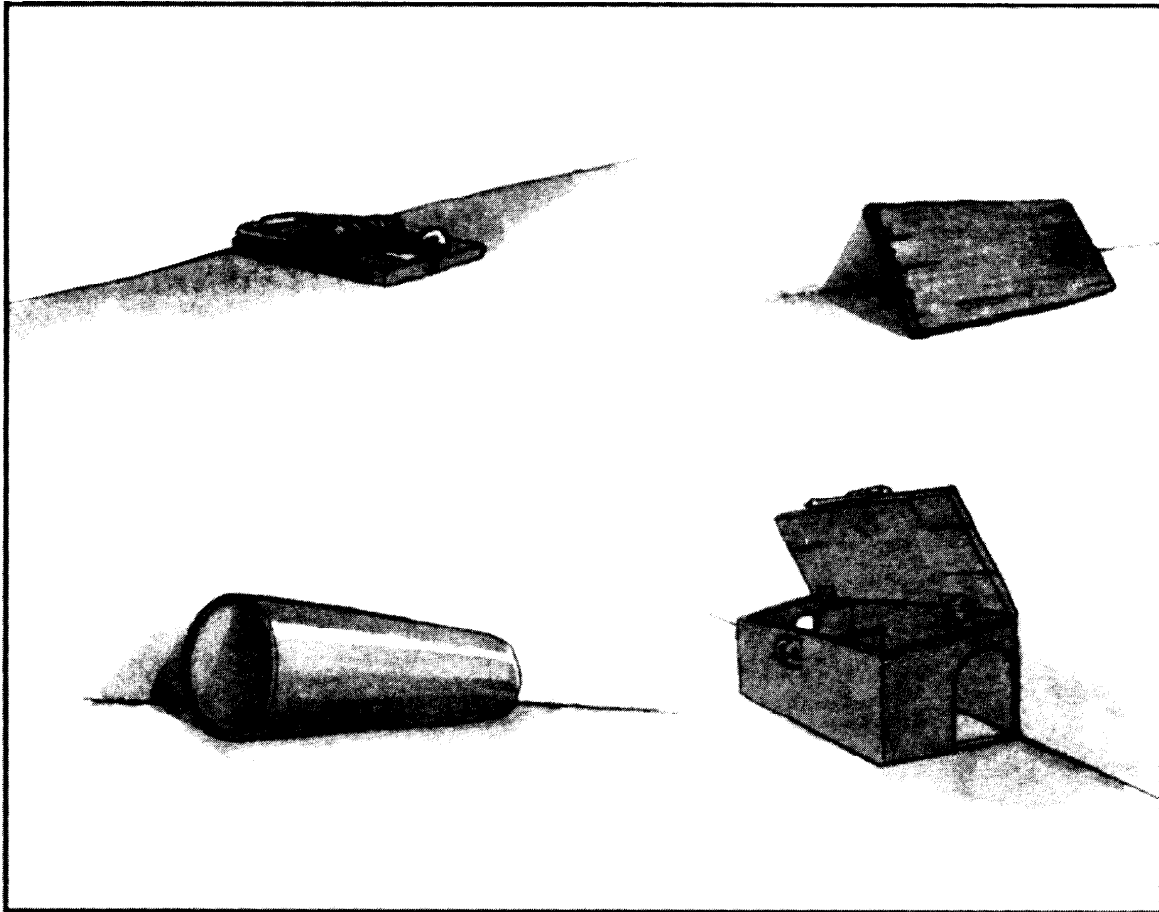
Dicho de otra manera, el control integrado de roedores incluye el **orden y limpieza** de almacenes, bodegas, viviendas, campos de cultivo y lugares aledaños; **protección** de los alimentos almacenados mediante barreras y recipientes resistentes y **reducción** de las poblaciones mediante trampas y rodenticidas.

## 10.11 Uso de venenos para controlar roedores

Puesto que el control integrado de roedores incluye el uso de venenos químicos, es importante conocerlos y aplicarlos correctamente, con el fin de reducir las posibilidades de envenenamiento accidental de personas y animales domésticos y obtener mejores resultados. Debe recordarse que el control químico por sí solo no es suficiente para controlar roedores y que su uso inadecuado implica riesgos para personas y animales domésticos.

**Figura 35**

### **Aplicación segura de rodenticidas**



#### **10.11.1 Dónde colocar los rodenticidas?**

Los rodenticidas deben ser colocados de modo que los roedores los encuentren fácilmente, es decir, cerca a sus madrigueras, en los caminos que recorren, en la base y ramas de los árboles, en las vigas de las cubiertas, en las bocas de tubos y cañerías y cerca de los lugares donde acostumbran comer. En todo caso, deben quedar al alcance de los roedores pero fuera de alcance de niños, personas irresponsables y animales domésticos.

Los roedores son tímidos y siempre recorren el mismo camino para ir de un punto a otro. Por ello, es fácil ver cuáles son las rutas utilizadas para colocar en ellas las trampas y

cebos. Es muy raro ver a una rata o ratón cruzar a campo traviesa una bodega o local. Cuando esto ocurre, se puede deducir que hay una población muy grande que está peleando por alimento y refugio.

### 10.11.2 Cómo colocar los rodenticidas?

Hay numerosos recipientes tanto de fabricación industrial como artesanal para colocar los rodenticidas. Su objetivo es evitar el envenenamiento accidental de personas y de animales domésticos, proteger al veneno contra la acción de la lluvia y ofrecer a los roedores un ambiente adecuado para que consuman el veneno con tranquilidad. Los recipientes más utilizados son bandejas de madera o de plástico; cajas de madera, cartón o plástico con dos aberturas; mates, calabazas, recipientes de latón o plástico y trozos de cañería y caña guadúa. Todos deben tener la posibilidad de fijarlos a la pared o al piso, adosado a la pared.

### 10.12 Clasificación de los rodenticidas agudos

*No es recomendable* usar rodenticidas o venenos agudos de dosis única para el control de ratas y ratones en casas, fincas y lugares rurales, por el peligro que representan para las personas y animales domésticos. A continuación, y solamente para conocimiento del lector, se indican los principales venenos de acción rápida, disponibles en el mercado.

Elemento Activo	Nombres comerciales
<b>Inorgánicos</b>	
Fosfuro de zinc	Phosvin; Zinc-Tox
Trióxido de arsénico	
Sulfato de talio	Ratox; Zello; Rataplun
Fósforo amarillo	
Carbonato de bario	
<b>Orgánicos</b>	
Escila roja ( <i>Urginea maritima</i> )	Dethdlet; Rodine
Estricnina ( <i>Strychnos nux-vomica</i> )	
Fluoroacetato de sodio	1080; Frato1; Yasoknock
Gliflor	
Antu	Antu; Krysid
Crimidine	Castrix
Phosacetim	Gophacide; phorazetim; Bay 38819
Norbormide	Shoxin; Raticate
Alphachloralose	Alpha Kill
Reserpina	
Calciterol	Rodine C; Sorex CR
Pyriminil	RH-787; Vacor; Ratcor
DDT	Zerdane; Anofex; Di Di Tan
Lindane	Exagama; Inexit
Endrin	Endrex; Hexadrin
Bromethalin	



Los rodenticidas agudos atacan el sistema digestivo, el sistema cardio respiratorio y el sistema nervioso. Su acción es muy rápida, en menos de dos horas.

En caso de envenenamiento, se requiere un inmediato lavado gástrico y atención médica.

### 10.12.1 Ventajas y desventajas de los venenos agudos

Las ventajas de los venenos agudos o de dosis única son el poco cebo necesario y poco trabajo para su colocación; la acción rápida y su bajo costo unitario.

La mayor desventaja es el peligro de intoxicaciones y muerte de personas y animales domésticos. Otras desventajas de estos venenos son la timidez al cebo creada por los roedores, la necesidad de usar cebos sin veneno para acostumbrar a los roedores, el hecho que no hay selectividad, o sea que pueden morir otros animales, que carecen de antídoto y tienen costos altos para obtener efectividad.

### 10.13 Clasificación de los rodenticidas crónicos

El descubrimiento y el uso de anticoagulantes como rodenticidas ha aumentado drásticamente la eficacia y seguridad de los programas de control de roedores. Los rodenticidas crónicos han llegado a ser el principal agente para el control de roedores en todo el mundo.

Elemento Activo	Nombres comerciales
<b>Coumarina</b>	
Dicoumarina	Dicumarol; Melitoxin
Warfarina	Ratomin; Ratafin; Criborat; Spectro-Rat
Coumafurill	Fumarina; Tomarin; Ratafin; Fumasol; Lurat;
Coumachlor	Ratilan; Tomorin
Coumatetralyl	Endox; Ratex; Endrocid; Rat bate; Racumin
Difenacoum	Ratak; Neosorex
<b>Brodifacoum</b>	<b>Talon; Volak; Klerat</b>
Bromadialone	Bromono; Ratimus; Maki
<b>Indandiones</b>	
Pindone	Pival; Chemrat; Pivalyn; Pivacin; Tri-ban
Difacinone	Diphacin; Promar; Ramik; Meal Bait
Clorofacinone	Rozol; Afnor; Ratomet; Microzul

Los rodenticidas crónicos (anticoagulantes) inhiben la producción de protombina, producen hemorragias internas, envenenamiento crónico y gangrena seca. El antídoto es la vitamina K. En caso de duda, se debe consultar un médico especializado.

### **10.13.1 Ventajas y desventajas de los venenos crónicos**

Las mayores ventajas son la selectividad, la disponibilidad de antídotos, y la alta eficacia.

Las desventajas son menores en comparación y se refieren a la acción lenta, el mayor trabajo de inspección y control de los cebos y la cantidad de cebo necesaria. A pesar de las desventajas reales o aparentes, su *seguridad* en el uso los hace recomendables para todo tipo de aplicaciones en zonas rurales, para el control de roedores en viviendas, almacenes y bodegas.

### **10.13.2 Rodenticidas crónicos de una sola dosis**

El desarrollo de venenos crónicos de una sola dosis ofrece lo mejor de las dos categorías en productos cuyo uso es más sencillo para el control de los roedores plaga. En efecto, el Brodifacoum, cuyos nombres comerciales son "Talon"; "Volak"; o "Klerat", permiten controlar roedores con dosis más pequeñas y con un control de los cebos mucho más simple, ya que con una sola vez que coman el producto, las ratas y ratones mueren a los pocos días.

## **10.14 Preparación de rodenticidas**

Algunos rodenticidas, como el *Coumatetralyl*, o "Racumin", se encuentran en el comercio en forma de polvo concentrado y como cebo preparado listo para ser aplicado. Otros rodenticidas, como el "Klerat", se encuentran en forma de cebos, listos para su uso. Otros productos comerciales como "Ratafin", o "Ratacampex" pueden ser obtenidos como cebo en forma de granulados.

Con el fin de reducir los riesgos por manipulación de los rodenticidas y garantizar su adecuada dosificación, es recomendable el uso de cebos ya preparados. Sin embargo, cuando sea necesario preparar los cebos utilizando polvos concentrados, se debe seguir el siguiente proceso:

- a) Seleccionar la base para el cebo de acuerdo a los alimentos disponibles.
- b) Mezclar la base con el rodenticida en las proporciones recomendadas. Para el caso del Racumin, la proporción es de una parte de veneno mezclada con 19 partes de base.

Algunos rodenticidas se presentan como soluciones acuosas concentradas y, en este caso, deben ser diluidos en el volumen de agua recomendado por los fabricantes.

## **10.15 Fórmulas prácticas de bases para cebos**

A continuación, se indican algunas fórmulas para la preparación de cebos rodenticidas. Las cantidades de ingredientes se dan en porcentaje de peso y deben mezclarse entre sí antes de añadir el rodenticida:

- arroz quebrado 98%
- aceite vegetal comestible 2%
- trigo triturado 98%
- aceite vegetal comestible 2%
- harina gruesa de maíz 95%
- aceite vegetal comestible 5%
- harina mediana de maíz 65%
- avena 25%
- azúcar 5%
- aceite vegetal comestible 5%
- trigo entero remojado: el trigo se deja en remojo en agua durante una noche; se escurre el agua y se añade el rodenticida mientras el grano está húmedo.

Para preparar los cebos deben adoptarse las siguientes precauciones:

- evitar el contacto de la piel con el rodenticida
- evitar la inhalación de polvos tóxicos
- realizar la mezcla al aire libre o en locales bien ventilados
- no fumar ni comer mientras se prepara el cebo
- lavarse bien, con agua y jabón toda la piel expuesta, después de preparar los cebos

## 10.16 Precauciones al manejar rodenticidas

Antes de decidir la aplicación de rodenticidas, debe pensarse en la seguridad de las personas y animales domésticos y silvestres.

Para su aplicación en el campo, es indispensable que todas las personas de la familia, incluyendo los niños, hayan sido capacitadas sobre las características, usos y riesgos en el manejo de venenos para ratas. Se debe desestimular el uso de venenos agudos, y los adultos deben estar en capacidad de aplicar eficientemente y con seguridad los cebos para roedores.

Es importante recordar que todos los rodenticidas son venenos, que son peligrosos y que se deben manipular con mucho cuidado. Que deben seguirse siempre las instrucciones de los fabricantes y técnicos y tomar las siguientes precauciones:

- a) Se deben guardar los rodenticidas fuera del alcance de niños, personas irresponsables y animales domésticos y silvestres.
- b) No se deben almacenar los rodenticidas en frascos o recipientes de alimentos, como café, mermeladas, harina, etc., ni tampoco junto a otros alimentos en la cocina de la

*casa. Este error puede ser fatal cuando se confunda el veneno por el alimento que debía contener el envase.*

- c)** Siempre se deben seguir cuidadosamente las instrucciones de los fabricantes y técnicos, para el uso, manejo y aplicación de los venenos.
- d)** No se debe comer ni fumar mientras se preparan y colocan los cebos.
- e)** El operario o técnico debe bañarse especialmente las manos, con agua y jabón después de trabajar con los cebos. Debe lavarse todas las partes del cuerpo que pudieron estar en contacto con los cebos y venenos.
- f)** Se deben quemar las fundas y empaques de los rodenticidas y no deben usarse para empacar ningún otro tipo de producto o menos aún, de alimentos (incluidos granos a granel).
- g)** Se deben destruir y enterrar los recipientes de vidrio, plástico y otros materiales no combustibles que hayan contenido rodenticidas.
- h)** Es muy importante enterrar profundamente los roedores muertos que se descubran en las premisas. No se deben tirar a fuentes de agua, quebradas o ríos.
- i)** De igual manera, se debe evitar que los roedores muertos sean consumidos por otros animales como perros y gatos.
- j)** Se deben guardar los sobrantes de rodenticidas en su propio envase, en un sitio reservado para ello, lejos de alimentos y medicinas.

# APENDICE 1

## A1.1 Cálculo de dosis de ingrediente activo para rociado de insecticidas

La aspersión de insecticidas (que no es una "fumigación") requiere su preparación en las cantidades y concentraciones necesarias al trabajo deseado para evitar despilfarro y sobre todo asegurar la dosificación y concentración recomendables.

### 1.1.1 Preparación de soluciones con polvos mojables

La concentración de los polvos mojables (W.P.), viene dada en unidades de peso por peso. Para preparar soluciones de polvo mojable en agua, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = V \times C_s / C_c \quad \text{en donde:}$$

Q = cantidad necesaria de producto comercial, expresado en g. o ml.

V = Volumen de solución que se quiere preparar, expresado en centímetros cúbicos (c.c) o mililitros (ml).

C<sub>s</sub> = Concentración de la solución que se quiere preparar, expresada en porcentaje.

C<sub>c</sub> = Concentración del producto comercial, expresada en porcentaje.

**Ejemplo:** Se necesita preparar 17.5 lt de solución de Malathion al 2 %. El producto comercial viene al 25 % de i.a. Qué cantidad de Malathion al 25 % se necesita?

$$Q = ?$$

$$V = 17.5 \times 1000 = 17.500 \text{ cc}$$

$$C_s = 2 \%$$

$$C_c = 25 \%$$

$$Q = 17.500 \text{ cc} \times 2/25 = 1.400 \text{ g}$$

Para fines de cálculo se asume que 1 g equivale a 1 cc; por lo tanto se deben pesar 1.400 g de Malathion al 25 % y mezclarlo en 17.5 lt de agua.

### 1.1.2 Preparación de soluciones con concentrados

La concentración de los *concentrados emulsionables* (c.e) viene en relación peso por peso o peso por volumen. Si la concentración está dada en relación peso/volumen, se obtendrá la dilución correcta, pero si está dada en relación peso/peso, se produce un ligero error, menor al 10%, que no se toma en cuenta.

Cuando a un volumen de agua se le añade un volumen calculado de emulsión concentrada, los dos se suman para dar el volumen requerido de solución diluida.

**Ejemplo:** Se necesita preparar 50 lt de solución de Malathion al 1%. El concentrado emulsionable contiene 27.5 % de i.a. Qué cantidad de concentrado emulsionable se necesita?

$$Q = ?$$

$$V = 50 \text{ lt}$$

$$C_s = 1\%$$

$$C_c = 27.5 \%$$

$$Q = 50 \times 1/27.5 = 1,818 \text{ litros}$$

Entonces a 1.820 ml se deben añadir 48,180 lt de agua para tener los 50 lt requeridos de solución.

Para rociar pisos, paredes y cubiertas es recomendable la solución de Malathion al 2%. En términos generales, se requieren 5 litros de solución para 100 m<sup>2</sup>.

### 1.1.3 Aplicación de Malathion en polvo

Aunque no es recomendable, en ciertos casos es necesario aplicar insecticidas en *polvo* directamente sobre los granos con su cubierta. En este caso el insecticida se mide en partes por millón, respecto al peso total del grano.

El cálculo de partes por millón (ppm) se hace tomando en cuenta las siguientes equivalencias:

1 ppm de insecticida equivale a 1 g en un millón de gramos de cereales o semillas, o sea un gramo en una tonelada.

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ g} / 1'000.000 \text{ g}$$

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ g} / 1.000 \text{ kg}$$

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ g} / 1 \text{ t}$$

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg} / 1 \text{ kg}$$

**Ejemplo:** 10 t de granos deben ser tratados con Malathion en dosis de 10 ppm. El producto comercial está al 4 %. Cuántos kg de Malathion al 4 % se necesitan?

$$x = (10.000 \text{ kg} * 1.000 \text{ g/kg}) / 4 * 100 * 10 = 2500 \text{ g}$$

Es decir, se necesitan 2.5 kg de Malathion al 4%.

**Cuadro 14**

**Ejemplos de insecticidas de uso común en almacenamiento de granos.  
Concentrados emulsionables (ce)**

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Concentración	Cm3/Litro De Agua	Ppm Permisibles Grano-Cereales	Grupo	Categoría Toxicológica
Sumithion	Fentirothion	50%	20 Cm3	10	Organofosforado	ii
Damfin 500 Ec	Methacrifos	50%	20 Cm3	10	Organofosforado	iii
Actellic	Pyrimiphos-Methyl	50%	10 Cm3	10	Organofosforado	ii
Baithion	Phoxin	50%	20 Cm3		Organofosforado	ii
Malathion	Fyfanol	57%	40 Cm3	10	Organofosforado	iii
K-Obiol	Deltametrina	25%	20 Cm3	10	Piretroide	ii

**Cuadro 15**

**Ejemplos de insecticidas nebulizables de uso común en instalaciones de almacenamiento de granos**

Nombre comercial	Ingrediente activo (ia)	Concentración para uso	Dosis litros/1000 m3	Grupo
Sumithion	Fentirothion	4%	1 litro	Organofosforado
Nuvan 7	Dichlorvos	7%	1 litro	Organofosforado
DDVP 5	Dichlorvos	5%	1 litro	Organofosforado
Pybutrin	Pybutrin 33	listo para uso	1 litro	Piretrinas
Actellic	Pyrimifos-metil	5%	1 litro	Organofosforado

**Cuadro 16**

**Resumen de las principales características de algunos rodenticidas**

Nombre	Presentación	Olor	Dosis concentración
Fosforo de Zinc	Polvo de color gris oscuro, insoluble en agua, soluble en aceite	débil olor a fósforo	1-2,5% cebos simples o combinados
Sulfato de Talio	Cristalino, color blanco parcialmente soluble en agua	no tiene olor ni sabor	1-1,5% cebo sólido 2% cebos acuosos + tártaro
Carbonato de bario	polvo blanco o amarillo, soluble en anhídrido carbónico, cloruros y solventes orgánicos		20% de material activo
ANTU	Polvo fino color gris insoluble en agua	sabor amargo, olor imperceptible	

Warfarina	sal sódica soluble en agua, se expende como concentrado en polvo al 5%, se puede mezclar con harina de maíz (cebo)	sin color ni sabor	0,5% disolverlo para formar un cebo, con una concentración 0.5 mg/ml
Fumarina	polvo color blanco esponjoso	insípido, incoloro, inodoro	0.5% sustancia activa 0,025% en cebo
Difacinona	sólido, cristalino, amarillo concentrado 1-5%		0.005% sustancia activa en cebo



# APENDICE 2

## FORMULARIO PARA INSPECCIÓN DE BODEGAS

Nombre de la Bodega:.....

Localización:.....

### 1a. PARTE:

#### A.- Utilización de la bodega (o almacén o estructura):

1.- Productos almacenados:.....

2.- Tamaño de bodega: Area aproximada en m<sup>2</sup>:.....

Capacidad en toneladas o quintales: .....

#### B.- Condiciones de los alrededores del almacén

	SI	NO
1.- Areas de llenado y despacho		
a) Hay acumulación de basuras o productos?	___	___
b) Hay equipos o partes abandonados?	___	___
2.- Hay malezas alrededor?	___	___
3.- Hay basuras abandonadas?	___	___
4.- Hay evidencia de roedores?	___	___
5.- Hay pájaros y nidos en los alrededores y en los canales del techo?	___	___

#### C.- Mantenimiento del exterior de la bodega:

	SI	NO
1.- Está el techo en malas condiciones?	___	___
2.- Existen huecos en las paredes para la entrada de pájaros y roedores?	___	___
3.- Las puertas ajustan bien cuando se cierran?	___	___
4.- Las ventanas y ventilaciones tienen malla contra roedores?	___	___

#### D.- Estado del interior del almacén:

	SI	NO
1.- Existen huecos o rajaduras en los pisos?	___	___
2.- Hay acumulación de basuras, equipos o desperdicios en la bodega?	___	___
3.- Hay necesidad de limpiar las paredes, vigas y columnas del almacén?	___	___

4.- Hay áreas bien delimitadas para las estibas?	___	___
<b>E.- Estado de Almacenamiento:</b>		
	SI	NO
1.- Están los granos almacenados contra las paredes?	___	___
2.- Están los productos almacenados directamente en el piso?	___	___
3.- Están las estibas a menos de 1 m de distancia las unas de las otras?	___	___
4.- Hay fertilizantes, químicos, plaguicidas u otros productos almacenados junto al grano (o alimentos)?	___	___
5.- Hay sacos de grano rotos en las estibas?	___	___
<b>F.- Presencia de Insectos</b>		
	SI	NO
1.- Hay evidencia de insectos volando?	___	___
2.- Hay insectos o gusanos:	___	___
a) Caminando en los pisos?	___	___
b) En el exterior de los sacos?	___	___
c) Dentro de los sacos?	___	___
3.- Evidencia de insectos en el polvo del piso?	___	___
<b>G.- Presencia de Roedores y/o pájaros</b>		
	SI	NO
1.- Hay excrementos de roedores en el piso o en los sacos?	___	___
2.- Hay sacos mordidos o dañados por roedores?	___	___
3.- Hay evidencia de roedores vivos o muertos en la bodega?	___	___
4.- Hay evidencia de excrementos de pájaros en la bodega?	___	___
5.- Se ven pájaros vivos o muertos en la bodega?	___	___
<b>H.- Prácticas en el manejo de los Granos</b>		
	SI	NO
1.- Se inspeccionan todos los productos al llegar?	___	___
2.- El personal de la bodega está o no, en capacidad de identificar insectos?	___	___
3.- Se practican fumigaciones cuando hay infestación de insectos?	___	___
4.- Se reporta o no, en forma rutinaria la presencia de roedores e insectos?	___	___

**Esquema de la bodega, con indicación de puertas, oficina,  
columnas internas, obstáculos, etc.**

**2da. PARTE:**

**I Control de las Plagas**

	SI	NO
1.- Hay trampas para roedores en la bodega:		
a) En el exterior?	—	—
b) En el interior?	—	—
2.- Están las trampas bien cuidadas e inspeccionadas?	—	—
3.- Cuáles plaguicidas para roedores se usan en la bodega?		
4.- Los anteriores se usan adecuadamente?	—	—
5.- Se usan insecticidas residuales?	—	—

	SI	NO
6.- Cuáles se usan? .....		
.....		
7.- Se usan fumigantes en la bodega?	—	—
8.- Cuáles se usan? .....		
.....		
9.- Se lleva un récord del control de insectos?	—	—
10.- Se lleva un récord del control de roedores en la bodega?	—	—
11.- Cada cuánto se inspecciona la bodega?		
12.- La importancia de un buen control de existencias y sanidad es comprendida por el personal del almacén?	—	—

# APENDICE 3

## Obras de Referencia y Bibliografía

El presente informe ha tomado material y/o dibujos de algunas de las publicaciones siguientes, las cuales tienen información adicional interesante sobre el control de calidad en productos almacenados.

- FAO.- "La cosecha perdida". s.n.t.
- "Manual de almacenamiento de granos", Universidad Estatal de Kansas, E.U. 1984
- Instituto Técnico de Cereales y Forrajes ITCF, Francia, 1987
- "Armazenamento e Coservacao de Graos", Circular técnica N. 10 - EMBRAPA Brasil 1985
- Arias, C. Dell'orto, H. 1983. "Distribución e importancia de los insectos que dañan granos y productos almacenados en Chile", FAO, Proyecto PFL/CHI/001, Santiago de Chile.
- Aldana, H.M. 1986. "Entomología Económica de los granos almacenados". Memoria Seminario Nacional Prevención de Pérdidas Postcosecha en granos, ACOGRANOS, Bogotá, Colombia.
- Dobie, P. et al. 1984. "Insects and arachnids of Tropical Stored Products. Their Biology and Identification" (A Training Manual), Tropical Development and Research Institute. London.
- Monro, H.A.U. 1962 "Manual de Fumigación contra insectos", FAO, Roma, Italia.
- Scotti, G. 1978. "Les insectes et les acariens des Céréales stockées", Institut technique des cereales et des Fourrages ITCF, Première Edition, Paris, France.
- Acogranos. Memoria prevención de pérdidas poscosecha de granos. Bogotá, 1988.
- Elias, D. "Roedores como plagas de productos almacenados: control y manejo". Estudio FAO: Serie Tecnología Poscosecha No.3. Santiago de Chile, CEGRA, 1984.
- Greaves, J.H. "La lucha contra los roedores en agricultura". Estudio FAO: Producción y Protección Vegetal No. 40, Roma, 1984.
- Velasco, A. "Ratas y ratones domésticos". México, Limusa, 1988.
- Restrepo, C. 1979 "Merms por secado, limpieza y, metabolismo de cereales y oleaginosas", Secretaría de Agricultura, Brasil.
- ACOGRANOS, 1990, "Metodología para evaluación de pérdidas postcosecha de maíz en Colombia", Proyecto TCP/COL/6653 - FAO, Bogotá.
- G. Vico, W. Gonzalez. "Curso de Capacitación para operadores de plantas de almacenamiento de granos" Tomo III, Plagas y plaguicidas en granos. 138 Páginas. 1984 Departamento de Comunicación. Dirección de Sanidad Vegetal, Ave. Millan 4703, Montevideo, Uruguay.

- Centro de Productos Tropicales Almacenados. "Almacenamiento de Alimentos". Manual de métodos de almacenamiento. 59 Páginas. 1979. Programa Mundial de Alimentos / FAO.  
Via delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.
- M. Jamieson, P. Jobber. "Manejo de los Alimentos" Vol. 1. Ecología del almacenamiento. 195 Páginas. 1975. FAO / Programa Mundial de Alimentos. (La edición está agotada).
- M. Esmay, et.al. "Rice Post Production Technology in the Tropics". 140 Pages. 1979. East-West Food Institute. The University Press of Hawaii, Honolulu, Hawaii, 96822.
- J. E. Wimberly, "Technical Handbook for the Paddy Rice Post Harvest Industry in Developing Countries" 188 Pages. 1983. International Rice Research Institute. Los Baños, Laguna, P.O. Box 933 Manila, Philippines.
- D.A. Wilbur, R.B. Mills, J.R. Pedersen. "Manual of Grain & Cereal Product Insects and their Control" (Master's Degree Sanitation Course) Food & Feed Grain Institute, Kansas State University, Manhattan, Kansas, 66506 U.S.A. c/o Dr. J.R. Pedersen. 1971. (Nota: Es posible conseguir material más reciente en Español sobre el tema).
- C. Limblad, L. Druben, "Small Farm Grain Storage" Volume 1. Preparing Grain for Storage Volume 2. Enemies of Stored grain. Volume 3. Storage Methods. 1977. Action, Peace Corps / VITA, Grain Storage, 3706 Rhode Islands Avenue, Mt. Rainier, MD 20822, USA
- E.V. Araullo, D.B. de Padua, M. Graham. Editors. "Rice Post Harvest Technology". 394 Pages. 1976 International Development Research Centre, P.O. Box 8500, Ottawa, Canada, K1G3H9.
- A. Castillo-N. "Almacenamiento de Granos: Aspectos técnicos y económicos". 373 Páginas. 1984. Ediagro Ltda. Apartado Aereo 58743 Bogotá, Colombia.
- D.W. Hall. "Manipulación y Almacenamiento de granos en zonas tropicales y subtropicales". Boletín FAO de desarrollo agrícola No. 90. 1970. FAO Naciones Unidas. Oficina central de publicaciones, Via delle terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.