



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

ACONDICIONAMIENTO DE CEREALES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS
P R E S E N T A:
MARIA ALEJANDRA BASURTO PAZOS

ASESORA: M. EN C. MARIA DEL CARMEN VALDERRAMA BRAVO



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

UNIVERSIDAD NACIONAL AVIFAUNA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E



ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos
comunicar a usted que revisamos la Tesis :

"Acondicionamiento de Cereales"

que presenta la pasante: María Alejandra Basurto Pazos
con número de cuenta: 09352592-9 para obtener el título de :
Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en
el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 8 de agosto de 2006.

- PRESIDENTE Dra. Susana Patricia Miranda Castro
- VOCAL MG. Adriana Llorente Bouaquete
- SECRETARIO MG. María del Carmen Valderrama Bravo
- PRIMER SUPLENTE ING. Saturnino Maya Garfias
- SEGUNDO SUPLENTE MG. Enrique Martínez Manrique

DEDICATORIAS

Quiero dedicar este trabajo a **Dios**, ya que ha sido mi fortaleza en los momentos más difíciles de mi vida y que me ha permitido aprender de él y estar a su lado en todo momento. Gracias señor por permitirme alcanzar esta meta y no desfallecer, gracias señor porque tu eres mi esperanza en ti creo y en ti confié.

A mis padres, M^a de los Ángeles Pazos y José Antonio Basurto, por darme la vida y por estar conmigo incondicionalmente en las buenas y en las malas. Los amo con todo mi corazón.

A mis hijos José Manuel y Alejandro que son el motor de mi vida y que son la razón más grande para vivirla: Gracias por sus enseñanzas día con día **Manolo y Alex**. Los amo con todo mi corazón y los amo por siempre no lo olviden nunca.

A mi **mamá** por confiar en mí y por darme su apoyo incondicional, ya que sin tu ayuda no hubiera logrado todo lo que he hecho. Te amo Gelita

A mis abuelitos por darme una maravillosa familia la cual es la raíz de lo que soy: **Anita, Rafa, Simón** (qepd) vivirán en mi corazón siempre. **Abuelita Dulce** que Dios te conserve como hasta ahora con toda tu alegría, Te amo abue....

A toda mi familia, la familia Basurto y a la familia Pazos por estar conmigo en las buenas y en las malas los quiero mucho a mis primos, tíos y sobrinos.

Gracias a la familia **García Pazos** que son los angelotes más grandes que tengo y por que son sensacionales, gracias padrinos **Toña y Chava**, gracias compadritos, **Chava, Claudia y Poli** por todo su amor. Los amo con todo mi corazón.

A mi Hermano **Toño Basurto**, por ser mi más grande compañero de vida, gracias carnal por todo tu amor, que Dios te bendiga siempre a ti y a tu familia: **Fatima, Josán, Scarleth y Jean**, Los amo !!!

AGRADECIMIENTOS

Mil Gracias **Carmen Valderrama**, por haberme dado tu tiempo y por ayudarme a terminar este trabajo que me da la satisfacción personal de culminar una etapa de mi vida Gracias por tu amistad, apoyo, dedicación y confianza. Que Dios te bendiga siempre.

A los **miembros del jurado** por haber participado en la evaluación de este trabajo, por su apoyo y comprensión y por cada una de sus enseñanzas.

A los profesores **Francisco López** y **Francisco Montiel** en los que pude encontrar muchas enseñanzas y amistad.

Gracias a todos mis amigos que siempre han estado conmigo y que me han permitido compartir mi vida con ustedes y que me han abierto las puertas de su corazón: **Julio, Chio, Claudia, Alex Calderón, Pollo, Silvia, Jorge Portugal, Vanessa. Vero, Lalo, Nelly, Alex Almaguer.**

A la **FESC** por darme la oportunidad de formarme y ser orgullosamente universitaria.

Gracias a la generación **17ava** por tantos recuerdos y bellos momentos.

A mis compadres **Nelly, Alex y Cris** por su amistad y por apoyarme en mi vida, gracias por escucharme y aguantarme tanto los quiero mucho.

A **Carlos Alberto** por su apoyo y ayuda.

Vero gracias por ser mi amiga.

Gracias por darme alas para volar y enseñarme la esencia de la vida para disfrutar mi libertad. Que Dios te bendiga

CONTENIDO

	PÁGINA
Introducción	1
Objetivos	3
Capítulo 1 Generalidades de los cereales	
1.1 Importancia de los cereales en la alimentación.....	4
1.2 Estructura y composición de los cereales	8
1.2.1 Estructura de los cereales.....	10
1.2.2 Producción de granos.....	14
1. Morfología.	
2. Maduración del grano.....	19
1.2.3 Clasificación de los cereales.....	21
1.2.4 Proceso respiratorio.....	22
1. Consecuencias del proceso respiratorio.....	25
1.2.5 Propiedades Físicas de los cereales.....	27
1. Vidriosidad	
2. Peso hectolítrico.	
3. Peso de los granos.....	28
4. Porosidad.....	29
5. Fluidez	
Angulo de reposo.....	30
6. Segregación.....	31
7. Termo-físicas	
1.2.6 Propiedades y composición química de los cereales.	32
1. Contenido de humedad.....	34
2. Carbohidratos.....	40
3. Proteínas.....	41
4. Lípidos.....	44
5. Vitaminas y minerales.....	45
1.3 Importancia del acondicionamiento de los granos en la industria alimentaria.....	46
1. Importancia de las características físicas	
Capítulo 2 Cosecha de cereales	47
2.1 Momento de la cosecha.....	48
1. Cosecha anticipada	
2. cosecha tardía.	
2.2 Métodos de cosecha.....	50
2.2.1 Cosecha manual y semimécanizada.....	51
2.2.2 Cosecha mecanizada.....	56
1. Mecanismo de siega.....	59
2. Mecanismo de trilla.	
3. Mecanismo de separación y limpia.....	60
2.3 Pérdidas del grano.....	63
1. En la cosecha.	

2. En las cosechadoras.....	64
3. Porcentajes de pérdidas	
2.4 Importancia de la cosecha en el acondicionamiento.....	65
Capítulo 3 Limpieza de cereales	
3.1 Materia Extraña.....	68
3.1.1 Métodos para determinar el contenido de materia Extraña.....	70
1. Método manual.....	71
2. Método mecánico.....	72
3.2 Principios básicos de la separación.	
1. Velocidad Terminal.....	73
2. Tamaño.....	74
3. Forma.....	78
3.3 Métodos de limpieza.	
3.3.1 Método manual.....	79
1. Limpieza mediante el viento	
2. Limpieza con criba manual.....	80
3.3.2 Método mecánico.....	81
Partes que componen los equipos de limpieza.....	82
1. El alimentador.....	83
2. Sistema de ventilación.....	84
Limpieza con ventilador	
3. Conjunto de cribas.....	85
Limpieza con mallas cilíndricas.....	86
Limpieza en máquinas con aire y cribas	
3.4 Importancia de la limpieza en el acondicionamiento.....	88
Capítulo 4 Secado de cereales.	
4.1 Finalidad del secado.....	89
4.2 Factores involucrados en la operación de secado.....	91
1. Humedad	
2. Temperatura.....	92
3. Respiración.....	94
4.3 Mecanismo de operación en el secado.....	95
Flujo de aire en el secado de granos.....	97
Dirección del flujo de aire	
4.4 Métodos de secado.....	98
4.4.1 Secado Natural.....	99
1. Secado natural al aire libre.....	102
2. Secado solar.....	103
4.4.2 Secado Artificial.....	105
1. Clasificación de secadoras por el medio de Calentamiento.....	106
a) Secado directo	
b) Secado indirecto.....	107
2. Clasificación de secadoras por en tipo de proceso.	
a) Secadoras continuas	
Secadores por lotes.....	111

Secado y enfriado en silo.....	116
4.5 Importancia del secado en el acondicionamiento.....	117
Capítulo 5 Almacenamiento de cereales.....	118
5.1 Causas de alteración de los granos durante el almacenamiento.....	119
5.1.1 Procesos físicos.....	
5.1.2 Organismos vivos.....	
1. Insectos.....	120
2. Microflora y micotoxinas.....	122
a) Hongos de campo.....	123
b) Hongos de almacén.....	
3. Roedores.....	124
5.1.3 Actividad bioquímica propia del alimento.....	125
1. Humedad, factor primordial para el.....	126
2. Temperatura.....	127
3. Proceso respiratorio.....	129
5.2 Medidas de prevención para evitar deterioro de granos en el almacén.....	130
5.3 Métodos de almacenamiento.....	132
5.3.1 Almacenamiento en sacos.....	136
1. Sacos de fibras vegetales.....	137
2. Sacos de fibras plásticas.....	138
Características de los almacenes.....	139
1. Almacenes convencionales.....	140
Adaptación del almacén convencional para almacenamiento a granel.....	143
5.3.2 Almacenamiento a granel.....	144
1. Estructuras rústicas tradicionales.....	145
2. Tambor metálico.....	147
3. Silo de hierro – cemento.....	149
4. Silo metálico de baja capacidad.....	150
5. Silo metálico de gran capacidad.....	153
6. Silo con tolva.....	154
7. Nave granero.....	155
Ventajas y desventajas de los tipos de almacenamiento.....	156
5.4 Sistemas de almacenamiento.....	157
5.5 Importancia del almacenamiento en el acondicionamiento....	158
5.6 Calidad de los granos y su importancia en la industria de alimentos.....	159
1. Definición del término de calidad.....	160
2. Embalaje de granos.....	164
Conclusiones y recomendaciones.....	167
ANEXOS.....	170
Bibliografía	180

INDICE DE TABLAS

NÚMERO	NOMBRE	PÁGINA
1.1	Producción mundial de cereales	5
1.2	Macronutrientes en los alimentos.	7
1.3	Clasificación botánica de los cereales.	9
1.4	Características de los granos en base a su estructura.	13
1.5	Factores que afectan la respiración.	25
1.6	Características físicas y peso hectolítrico de los cereales.	26
1.7	Peso de los granos de cereal.	29
1.8	Composición química de los cereales.	33
1.9	Composición porcentual de hidratos de carbono en el trigo.	41
1.10	Tipos de proteínas de granos vegetales.	42
1.11	Distribución porcentual de tipos de proteínas de cereales	44
1.12	Composición media de los ácidos grasos de los cereales (%)	45
1.13	Contenido de vitaminas de los cereales.	45
2.1	Mecanismo de siega	59
2.2	Mecanismo de trilla	60
2.3	Mecanismo de separación y limpia.	61
2.4	Pérdidas normales del grano durante la cosecha y poscosecha.	64
3.1	Contenido máximo de materia extraña permitida de acuerdo con el tipo de grano.	70
3.2	Límites de materia extraña y granos dañados o quebrados en algunos cereales según Norma del Codex Alimentarius	70
3.3	Procesos de separación para la limpieza de cereales.	82
4.1	Daños ocasionados por un mal secado.	94
4.2	Ventajas y desventajas de los secadores de tipo vertical dependiendo de su flujo de aire.	109
4.3	Ventajas y desventajas de los secadores de tipo horizontal dependiendo de su flujo de aire.	110
4.4	Ventajas y desventajas de los secadores por lotes. dependiendo de su flujo de aire.	111
5.1	% de granos dañados por diversas causas	121
5.2	Especies toxígenas de mohos de almacén	122
5.3	Pesos de los sacos con granos	139
5.4	Almacenamiento de alimentos a granel.	145
5.5	Especificaciones según la normatividad.	162
5.6	Factores de bonificación y/o reducción.	164

INDICE DE FIGURAS

	PÁGINA	
1.1	Grupo básico de alimentos	6
1.2	Estructura del grano de trigo.	11
1.3	Corte longitudinal de los granos de cebada, centeno Maíz y arroz.	12
1.4	Etapas de producción del grano	14
1.5	Sistema radicular del maíz.	15
1.6	Tallo de cereal.	17
1.7	Reconocimiento de los cereales según el limbo de la hoja	18
1.8	Inflorescencias de los diferentes cereales.	19
1.9	Cariópsides desnudas y vestidas.	22
1.10	Respiración aeróbica	23
1.11	Respiración anaeróbica	24
1.12	Montón de grano mostrando el ángulo de reposo.	31
1.13	Cambios que ocurren en los alimentos en función de la Aw a 20 °C	35
1.14	Isotermas de sorción de agua del maíz.	39
1.15	Isoterma de adsorción y desorción, representación Del fenómeno de equilibrio higroscópico.	39
2.1	Etapas poscosecha de granos	49
2.2	Sistema de cosecha para siega.	53
2.3	Sistema de hacinas.	54
2.4	Desecación de caballetes.	55
2.5	Trilla	56
2.6	Máquina cosechadora moderna	56
2.7	Partes de una máquina cosechadora	57
2.8	Representación esquemática de de los componentes de un monitor de rendimiento.	63
3.1	Materia extraña de los granos.	69
3.2	Método manual	71
3.3	Separación por medio del aire	73
3.4	Separación de granos por largo y espesor.	74
3.5	Separación de granos en función al ancho.	74
3.6	Separación de granos en función al grosor.	75
3.7	Separador de discos.	76
3.8	Cilindro con muescas.	77
3.9	Diferentes tipos de cribas.	78
3.10	Método de limpieza por viento.	80
3.11	Método de limpieza con criba manual.	80
3.12	Limpieza con criba manual suspendida.	81
3.13	Esquema del alimentador de la máquina de limpieza con ventilador y cribas.	83
3.14	Equipo con ventilador para limpieza de grano.	85
3.15	Equipo de limpieza con mallas cilíndricas	86

3.16	Máquina de limpieza con ventilador y cribas.	87
4.1	Curva típica de velocidad de para condiciones constante en función del contenido de humedad libre.	96
4.2	Tipos de flujo de aire para el secado.	98
4.3	Diversas formas de secado natural de uso común en el medio rural.	100
4.4	Secado natural.	102
4.5	Secado estacionario al aire libre.	103
4.6	Proceso de secado natural.	104
4.7	Partes de un secador	106
4.8	Clasificación de los secadores continuos en base al tipo de flujo que tienen.	108
4.9	Secador de flujo concurrente.	112
4.10	Secador de flujo contracorriente.	112
4.11	Secador vertical de flujo continuo para granos.	113
4.12	Secador de semilla en sacos.	113
4.13	Túnel secador a contracorriente.	113
4.14	Tipo de secador estacionario para maíz en mazorca.	114
4.15	Secador con recirculación.	114
4.16	Proceso de secado por retorno	115
4.17	Proceso de secado con dos equipos.	115
4.18	Proceso de secado y enfriamiento en silo.	116
5.1	Diagrama mostrando los resultados de almacenar el grano con contenidos de humedad superiores.	126
5.2	Efecto del contenido de humedad de los granos a Temperatura en el calentamiento	128
5.3	Migración de humedad en el grano almacenado cuando baja la temperatura exterior.	129
5.4	Formación de zonas de calentamiento debido a la a la humedad y desarrollo de insectos.	130
5.5	Construcción del estibado.	142
5.6	Vista general de las estibas.	142
5.7	“Piscina” para el almacenamiento de granos.	143
5.8	Detalle de la instalación de un ventilador.	144
5.9	Troje con troncos y ramas de bambú.	147
5.10	Tambor metálico de 220 litros.	148
5.11	Tambor metálico adaptado para almacenar granos.	148
5.12	Silo de cemento.	149
5.13	Vista general del silo metálico.	152
5.14	Silo moderno, complementado con una turbina eléctrico para airear el grano	153
5.15	Silo con tolva.	155
5.16	Nave granero	156

INTRODUCCION

Las tecnologías de poscosecha empleadas en el medio rural, especialmente a nivel de los pequeños agricultores no han evolucionado, lo que propicia continuar utilizando estructuras poco apropiadas que facilitan el deterioro de los granos y sus productos. La mayoría de estas estructuras se caracteriza por estar mal diseñadas, sin los elementos que permitan proteger las cosechas de plagas o de los efectos de las condiciones climáticas como la lluvia y el sol, que aceleran los procesos de transformación y deterioro, propios de los productos biológicos. Su construcción, por lo general, se realiza sin los conocimientos técnicos que permitan asegurar la conservación de las cosechas y, en muchas ocasiones, se utilizan no sólo para el almacenamiento sino para otros fines, lo que hace más difícil la aplicación de prácticas para el control de plagas o para la conservación de productos.

El problema del deterioro y pérdidas de las cosechas es de particular importancia para los agricultores de subsistencia, ya que su producción forma parte de los alimentos básicos que consume la familia durante todo el año. La parte no consumida la comercializan para adquirir otros productos que les son indispensables para su vida cotidiana.

Los centros de investigación han generado información para satisfacer las necesidades de una producción mecanizada o para el manejo de volúmenes de granos más o menos considerables, en centros de acopio y almacenamiento.

Mejorar los actuales sistemas de manejo poscosecha y almacenamiento no requiere de grandes inversiones; bastaría con que los agricultores y demás sectores involucrados hicieran más eficientes sus actuales prácticas de limpieza, secado, almacenamiento y control de plagas para lograr un gran avance (1).

Así mismo es importante entender el concepto de calidad como un conjunto de propiedades inherentes a un patrón, que permiten apreciarla en mayor o menor grado que las de su especie y de ahí decidir si es de buena o mala calidad.

Por ejemplo en el caso del trigo el término de calidad se aplica desde la cosecha, ya que si un grano tiene algún tipo de daño se van a obtener bajos rendimientos de harinas, así como un mal desarrollo en sus propiedades funcionales y a su vez los productos que se obtienen como panes, galletas, tortillas, etc., van a tener propiedades sensoriales y funcionales diferentes, de tal forma que se corre el riesgo que el consumidor no las acepte, dando como consecuencia pérdidas económicas.

Para que un producto llegue a su término con una “calidad adecuada” es necesario que se lleve un estricto control en cada uno de los puntos en el manejo de granos. De ahí que al realizar una recopilación de la información, se pueda conocer mejor lo relacionado con el acondicionamiento de los cereales, así como las características de estos, al Ingeniero en Alimentos permite saber tomar las acciones preventivas y correctivas para la preservación de la calidad de los cereales, y así evitar las pérdidas en la producción.

OBJETIVOS

Objetivo general.

Recopilar la información necesaria sobre las diferentes operaciones de acondicionamiento de los cereales tales como limpieza, secado y almacenamiento, mediante una investigación bibliográfica, para poder determinar los efectos que se originan en la calidad de los granos por un mal manejo.

Objetivos Particulares.

1. Recopilar la información necesaria sobre las propiedades físicas y químicas de los cereales.
2. Describir los factores de la cosecha y como afectan en la calidad final de los cereales.
3. Describir la importancia de la operación de limpieza en la conservación de los cereales.
4. Revisar la operación de secado, destacando su importancia en el acondicionamiento de los cereales, así como los diferentes métodos de secado utilizados.
5. Reconocer los diferentes factores que disminuyen la calidad de los cereales y las mejores condiciones durante el almacenamiento.

Capítulo 1 GENERALIDADES DE LOS CEREALES

1.1 Importancia de las cereales en la alimentación

Los granos de cereales y sus productos derivados representan el aporte fundamental de calorías en la alimentación humana. También representan en numerosas regiones en vías de desarrollo, el principal aporte de proteínas. Sin embargo el aporte nutrimental de estas proteínas es bajo, por lo que en la actualidad se trata de conseguir, por cruzamiento genéticos, variedades de trigo, maíz y arroz que, además de su alto rendimiento y resistencia, tengan una cifra mayor de proteínas y sobre todo de lisina y triptófano (11).

Para el consumo humano, el trigo es el principal cereal en los Estados Unidos y Canadá; el arroz, en China, Japón y la India; el centeno, en Rusia y en Europa Central. El maíz en México, Sudamérica y los Estados Unidos. La avena tiene un uso limitado para la alimentación humana. No sólo los principales cereales consumidos varían de un país a otro, sino también la importancia de los cereales como parte de la dieta.

En los lugares en que el abastecimiento de alimentos es inadecuado para la población, los granos deben utilizarse para evitar la inanición (Debilidad por falta de apetito) ya que las frutas y los vegetales producen menos calorías que los cereales.

Los cereales no se comparan con los alimentos de origen animal en cantidad o en calidad de proteínas. Los cereales son especialmente deficientes en el aminoácido esencial lisina (10).

Los cereales pueden ser almacenados por tiempos prolongados, sin recurrir en procedimientos difíciles, ni en deterioros acelerados (32).

La producción mundial de cereales, llega a 2048.5 millones de toneladas, incluyendo en esta cifra al trigo, arroz y cereales secundarios en los que se encuentran maíz, cebada, avena, mijo y sorgo. En la tabla 1.1 se muestra la producción mundial en 1999 y 2000 (23)

Tabla 1.1 Producción mundial de cereales

	Trigo		Cereales secundarios		Arroz (cáscara)		Total	
	1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000
	(. millones de toneladas)							
Asia	260,1	253,7	218,1	193,1	555,9	541,0	1 034,1	987,8
Africa	15,0	13,8	77,7	77,0	17,6	17,5	110,3	108,3
América Central	3,1	3,4	28,7	28,7	2,3	2,4	34,1	34,5
América del Sur	20,1	19,3	58,9	62,5	21,1	20,0	100,1	101,7
América del Norte	89,5	87,3	290,6	299,2	9,3	8,7	389,4	395,2
Europa	177,6	188,6	203,0	198,4	3,3	3,0	383,9	390,0
Oceanía	25,3	19,8	9,3	10,2	1,4	1,1	36,0	31,1
TOTAL MUNDIAL	590,6	585,8	886,3	869,0	610,9	593,7	2 087,9	2 048,5
					(408) 1/	(397) 1/	(1 885) 2/	(1 852) 2/
Países en desarrollo	276,9	270,7	370,6	346,2	584,8	568,5	1 232,3	1 185,3
Países desarrollados	313,7	315,2	515,7	522,8	26,1	25,2	855,6	863,1

Fuente: FAO

1/ Arroz elaborado.

2/ Incluye el arroz elaborado.

La producción nacional de granos en el período 2005-2006 llegó aproximadamente a 29702.9 de toneladas, incluyendo en esta cifra al maíz con el 69%, del total, frijol 3.7%, trigo con el 10.56%, arroz con el 0.6% y el sorgo con el 16% (9).

Las producciones principales de maíz y avena se obtienen durante el ciclo de primavera-verano en condiciones de temporal y las cosechas más abundantes de sorgo, trigo y arroz, se producen durante el ciclo otoño-invierno en condiciones de riego.(36)

Según la Normas Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2005 los alimentos se clasifican en tres Grupos de Alimentos. Para fines de Orientación Alimentaria (42).

I. Verduras y Frutas

Ejemplo de verduras: acelgas, verdolagas, quelites, espinacas, flor de calabaza, huazontles, nopales, brócoli, coliflor, calabaza, chayote, chícharo, tomate, jitomate, hongos, betabel, chile poblano, zanahoria, aguacate, pepino, lechuga entre otras.

Ejemplo de frutas: guayaba, papaya, melón, toronja, lima, naranja, mandarina, plátano, zapote, ciruela, pera, manzana, fresa, chicozapote, mango, mamey, chabacano, uvas, entre otras.

II. Cereales y tubérculos

Ejemplo de cereales: maíz, trigo, avena, centeno, cebada, amaranto, arroz y sus productos derivados como: tortillas y productos de nixtamal, cereales industrializados, pan y panes integrales, galletas y pastas. Ejemplo de tubérculos: papa, camote y yuca.

III. Leguminosas y alimentos de origen animal

Ejemplo de leguminosas: fríjol, haba, lenteja, garbanzo, alubia y soya.

Ejemplo de alimentos de origen animal: leche, queso, yogurt, huevo, pescado, mariscos, pollo, carnes rojas y vísceras (42).



Figura 1.1 Grupo básico de alimentos.

“Servicios Básicos de Salud. Promoción y Educación para la Salud en Materia Alimentaria. Criterios para Brindar Orientación”

En la tabla 1.2 se indica de forma esquemática los macro nutrientes que aportan en forma mayoritaria los diferentes alimentos. Algunos alimentos prácticamente sólo aportan un tipo de nutrientes mientras que otros son desde el punto de vista nutricional más completos. (35)

Tabla 1.2 Macro nutrientes en los alimentos

	Proteínas	Lípidos	Glúcidos	Otros
Carne , pescado, Huevos	+++	+		Carne roja: hierro
Productos lácteos	++	++	+	Calcio
Grasas y aceites		+++		
Cereales y legumbres	+	+	++	Ricos en fibra
Frutas y verduras			++	Vitaminas , agua
Productos azucarados			++	
Bebidas			+	Agua (+++) vitaminas

En la tabla anterior se hace referencia que los cereales son ricos en fibra, por lo que se analiza cuales son los beneficios del consumo de fibra en el organismo:

La fibra insoluble circula por el intestino delgado sin ser digerida, por lo que llega intacta al colon y ejerce un efecto laxante. La fibra soluble se degrada parcialmente por la flora del colon y se producen por fermentación ácidos de cadena corta que pueden ser parcialmente absorbidos y metabolizados. Los principales ácidos producidos por fermentación de la fibra soluble son: ácido butírico, ácido propiónico y ácido acético. La acidez que producen dificulta el crecimiento de microorganismos patógenos y tienen un efecto antiinflamatorio, con acción protectora contra la colitis ulcerosa. Además el ácido butírico tiene un efecto protector frente a determinados agentes infecciosos específicos (35).

La fibra no se considera un nutriente, aunque mayoritariamente no es asimilable. Las dietas pobres en fibra favorecen ciertas patologías como estreñimiento, hemorroides, varices, apendicitis aguda, diverticulosis cólica y tumores en el colon. Un exceso de fibra en la dieta puede causar trastornos como: problemas de mala absorción de nutrientes y un tránsito excesivamente rápido de las heces. (35)

Los principales cereales utilizados en la alimentación humana son el trigo, la cebada, el arroz, el maíz, el centeno, el mijo y la avena. El trigo y el centeno son adecuados para fabricar productos de panadería, especialmente pan, y se denominan cereales panificables. Los demás cereales se utilizan de otras formas, por ejemplo en la elaboración de papillas, productos para el desayuno, frituras, bebidas alcohólicas entre otras. (3)

Históricamente, los cereales han sido los alimentos más importantes en la dieta humana y animal, debido a sus altas cualidades nutrimentales. El cultivo de cualquier cereal es relativamente sencillo y de bajo costo. Por ello, todas las civilizaciones que han habitado el planeta han tomado a los cereales como fuente de vitaminas, minerales, proteínas, y otros nutrimentos.

Pertenecen a un grupo de plantas de la familia de las gramíneas presentes en prácticamente todos los países del mundo, y se han constituido, desde siempre, en la base de la alimentación de los pobladores de las regiones donde crecen. Su importancia estriba en que:

- Son fáciles de almacenar
- Son fáciles de transportar.
- Se conservan por mucho tiempo.
- Se transforman con facilidad en otros alimentos.
- Se les puede utilizar como materia prima o como producto elaborado.

1.2 Estructura y composición de los cereales.

Los cereales pertenecen a la familia de las gramíneas (*Poaceae*), y se denominan así por Ceres, la diosa romana de la agricultura. Su cultivo marcó el paso de una forma de vida nómada, en la que el hombre se alimenta de la caza y de frutas silvestres, a una vida sedentaria, en la que se convierte en agricultor y ganadero (3).

La palabra “cereal” deriva del nombre de la diosa romana del grano o de la cosecha. Los cereales son las semillas de los pastos. Las plantas de las que provienen los cereales son el trigo, arroz, maíz, avena, centeno y cebada. A diferencia de los demás cereales que proceden de la naturaleza, el triticale, un híbrido de trigo y centeno, fue cruzado

intencionalmente. Los productos de cereal incluyen alimentos del desayuno, arroz, harinas y productos de pasta (10).

Los cereales son las semillas secas de aquellos miembros de la familia de las gramíneas que crecen para dar sus granos y son, con mucho, las plantas más importantes comidas por el hombre. De los cereales, los más importantes son el trigo, el maíz y el arroz (6).

El **grano** es el fruto seco de las plantas alimenticias destinado a la alimentación humana o la industrialización.

La **semilla** es la parte del fruto de la planta, que la reproduce cuando germina en condiciones adecuadas. Específicamente producida para la reproducción, siguiendo la técnica adecuada de acuerdo a normas legales, y que ha sido cosechada, beneficiada y tratada para asegurar la viabilidad (49).

Los cereales son especies anuales pertenecientes a la familia de las gramíneas, Nombre común de una extensa familia de plantas con flor, la más importante del mundo desde el punto de vista económico y ecológico. La familia contiene unos 635 géneros y 9.000 especies, y es la cuarta más extensa después de *Fabáceas*, *Orquidáceas* y *Compuestas*. A esta familia también se la conoce con el nombre de *Poáceas* Las especies cultivadas se clasifican en subfamilias, tribus y géneros (Tabla 1.3) (36).

Tabla 1.3 Clasificación botánica de los cereales

Subfamilia	Tribu	Género	Especie
<i>Pooideae (festucoidae)</i>	<i>Hordeae (triticeae)</i>	<i>Hordeum</i>	<i>H. vulgare</i> (Cebada)
		<i>Triticum</i>	<i>T. durum</i> (trigo duro) <i>T. aestivum</i> (trigo harinero)
	<i>Avenae</i>	<i>Secale</i>	<i>S. cereale</i> (Centeno)
		<i>Avena</i>	<i>A. sativa</i> (avena)
<i>Panicoidae</i>	<i>Andropogoneae</i>	<i>Sorghum</i>	<i>S. bicolor</i> (Sorgo)
	<i>Zeeae</i>	<i>Zea</i>	<i>Z. mays</i> (Maíz)
<i>Oryzoidae</i>	<i>Oryzae</i>	<i>Oryza</i>	<i>O. sativa</i> (arroz)

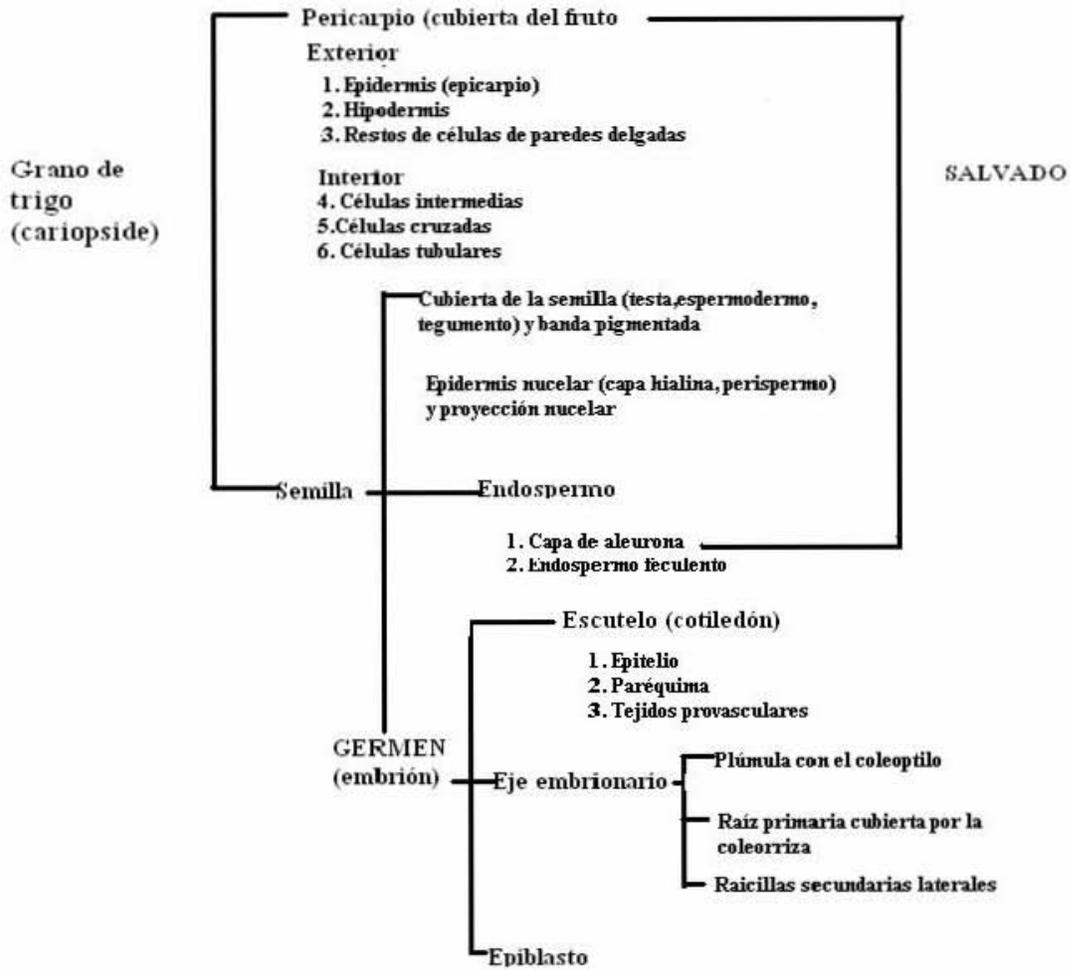
López, B.L (1991)

1.2.1 Estructura de los cereales

El grano de los cereales es un fruto seco que contiene una semilla y que botánicamente se le denomina “cariópside”. El cariópside consiste de una cubierta frutal o pericarpio, que envuelven a la semilla y está íntimamente unida con la cubierta o testa de la semilla. La semilla está constituida a su vez por el embrión o germen y endospermo encerrados dentro de una epidermis nucellar y de la cubierta de la semilla. En la figura 1.2 se establecen las diferentes partes de la cariópside de trigo. En general, todo grano de cereal está constituido por las mismas partes y en proporciones aproximadamente iguales en todos ellos (31).

La semilla propiamente dicha, comienza cuando aparece el tegumento de la semilla o testa seguida hacia el interior por la epidermis nuclear. Sigue hacia el interior del grano y el endospermo, que está constituido por una capa externa de células llamada capa aleurónica y por el endospermo amiláceo que corresponde a todo el contenido más interno del grano. El endospermo amiláceo constituye el material de reserva almacenado en el grano, que durante la germinación es metabolizado y transportado a la nueva plántula. La capa aleurónica produce durante la germinación las enzimas citolíticas, proteolíticas y amilolíticas que transforman los contenidos endospermicos a moléculas transportables y utilizables por la nueva planta en desarrollo.

En un extremo del grano y cubierta también por el pericarpio y la testa se encuentra la región embrionaria o germinal. Esta estructura contiene un estado latente, los órganos primordiales de la nueva planta (32).



Hoseney R.C. (1991)

Figura 1.2 Estructura del grano de trigo

Los elementos básicos de la estructura del grano son: endospermo o tegumento, embrión y tejido de reserva. Desde el punto de vista funcional, la semilla está compuesta de una cobertura protectora, un eje embrionario y un tejido de reserva (figura 1.3) (14).

En el cuadro 1.4 se muestran las características de cada parte del grano, su función y aplicación.

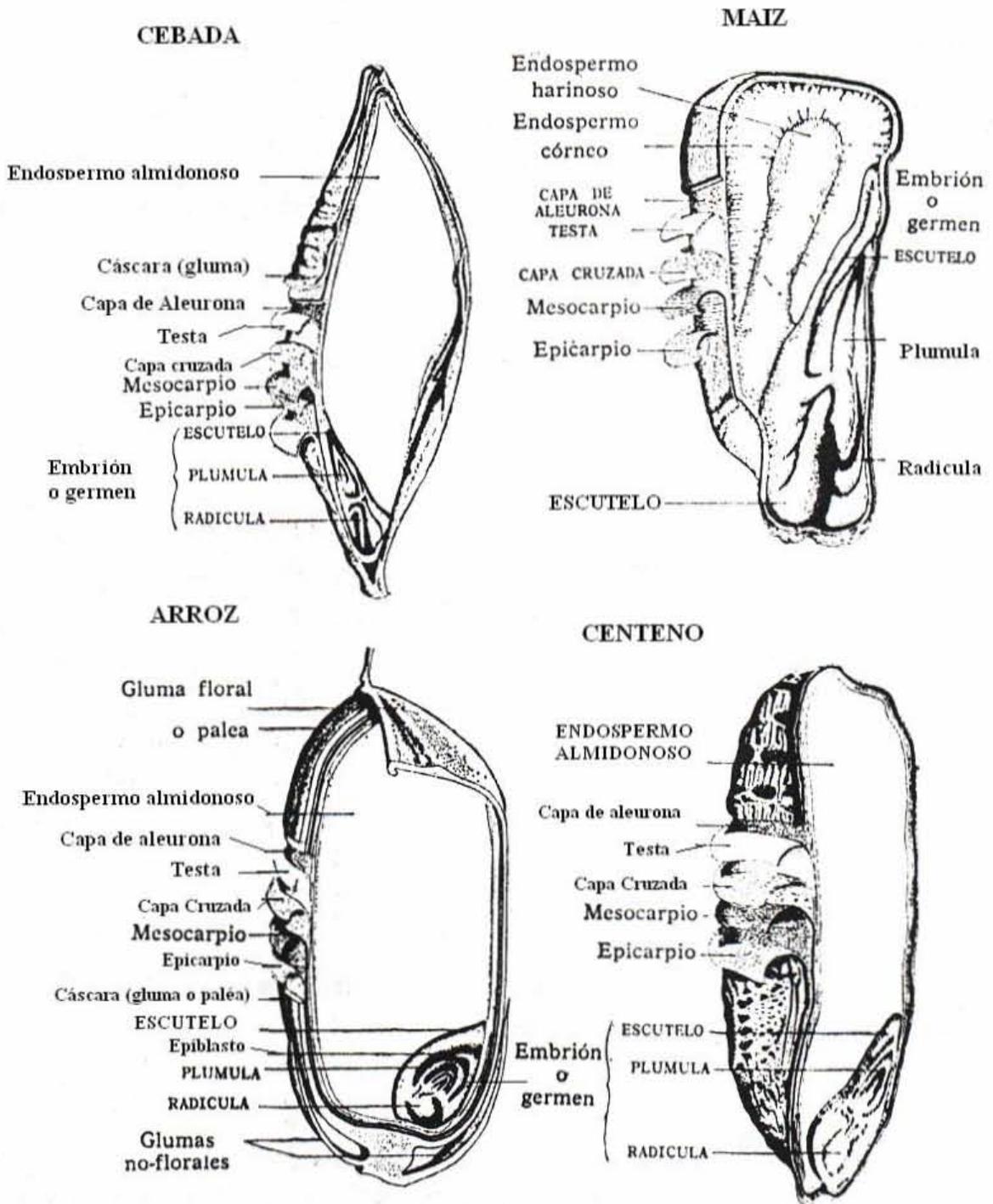


Figura 1.3 Corte longitudinal de los granos de cebada, centeno, maíz y arroz.

Tabla 1.4 Características de los granos en base a su estructura.

	Característica	Función	Aplicaciones en la industria.
Salvado	<p>Pericarpio: El pericarpio rodea a la semilla y esta constituido por varias capas (31).</p> <p>Testa: Es una capa fina, generalmente está profundamente pigmentada y da al grano su color característico (33).</p> <p>Capa de Aleurona: Rodea al grano por completo incluyendo el endospermo feculento y el germen. Es la capa exterior del endospermo. Esta cubierta a su vez por el pericarpio (31). Tiene paredes gruesas en forma cúbica y carecen de almidón pero es rico en proteína y grasa (33).</p>	<p>Órganos primordiales de la nueva planta.</p> <p>Estructura externa que envuelve la semilla y funciona como una barrera protectora que ayuda a mantener unidas las partes internas de la semilla, sirve como barrera a la entrada de microorganismos regula la velocidad de rehidratación de la semilla (14).</p> <p>Protege al grano de los microorganismos (5).</p> <p>Cubierta impermeable que impide el pasó del agua.</p> <p>Proteger al embrión.</p> <p>Contiene minerales y hierro. (31).</p>	<p>La testa de las semillas y el pericarpio de los granos nos permiten un almacenamiento prolongado debido a su función como barrera protectora.(5).</p> <p>Esta capa y todas las más externas a ella constituyen el salvado, un importante producto secundario en la fabricación de la harina (33).</p> <p>Se utiliza para el ganado.</p>
Endospermo	<p>El endospermo feculento está constituido por tres tipos de células: periféricas, prismáticas y centrales. Las células varían de tamaño y forma son su localización del grano (31). El endospermo es la porción más grande de una grano de cereal. Está compuesta por células que almacenan almidón. El endospermo de los cereales son el almidón y las proteínas (10).</p>	<p>La fuerza del enlace proteína-almidón explica la dureza del grano. El los trigos blandos, estos enlaces se rompen con facilidad. En el trigo duro hay una fuerte adherencia entre la proteína y el almidón. Estas uniones entre la proteína y el almidón se debilitan con el agua (31).</p>	<p>Harinas y sémolas.</p> <p>Obtención de almidón.</p> <p>Se ha asociado la calidad vítrea con la dureza y alto contenido en proteína, y la opacidad con la blancura y escasez de proteína (31).</p>
Embrión o germen	<p>El embrión está colocado en la base de la semilla. Esta constituido por 2 partes: -Eje embrionario: esta constituido por una raíz y tallos rudimentarios. -Escutelo: es un órgano en forma de escudo situado entre el embrión y el endospermo y se considera un cotiledón modificado. El germen es rico en grasas saturadas, y por esto es eliminado para evitar el enranciamiento (31) (10).</p>	<p>Aparato germinativo del grano.</p> <p>Tiene el papel de almacén. Moviliza las reservas alimenticias almacenadas en el endospermo y enviarlas al embrión cuando germina (33)</p>	<p>El germen separadamente se utiliza como alimento humano.</p> <p>En producción de aceites</p>

1.2.2 Producción de granos

Para la producción de granos existen diferentes etapas antes de la cosecha, se observan en la figura 1.4, estas etapas son fundamentales para la maduración de la semilla.



Figura 1.4 Etapas de producción del grano.

1) Morfología.

a) Sistema Radicular

El sistema radicular de los cereales está compuesto de:

- ❖ Raíces primarias o seminales (en número de 5 a 6 en el trigo y la cebada de 3 a 4 en la avena y en el centeno y de 4 a 5 en el maíz),
- ❖ Raíces secundarias, adventicias o coronales, que nacen del nudo del ahijamiento¹, apareciendo cuando la planta emite sus tallos, para sustituir progresivamente a las raíces seminales. Son de tipo fasciculado y se extienden oblicuamente en todas las direcciones, variando su importancia y profundidad con la especie.

¹ Nudo de ahijamiento: Son tallos que parten de una zona situada en la base de la planta.

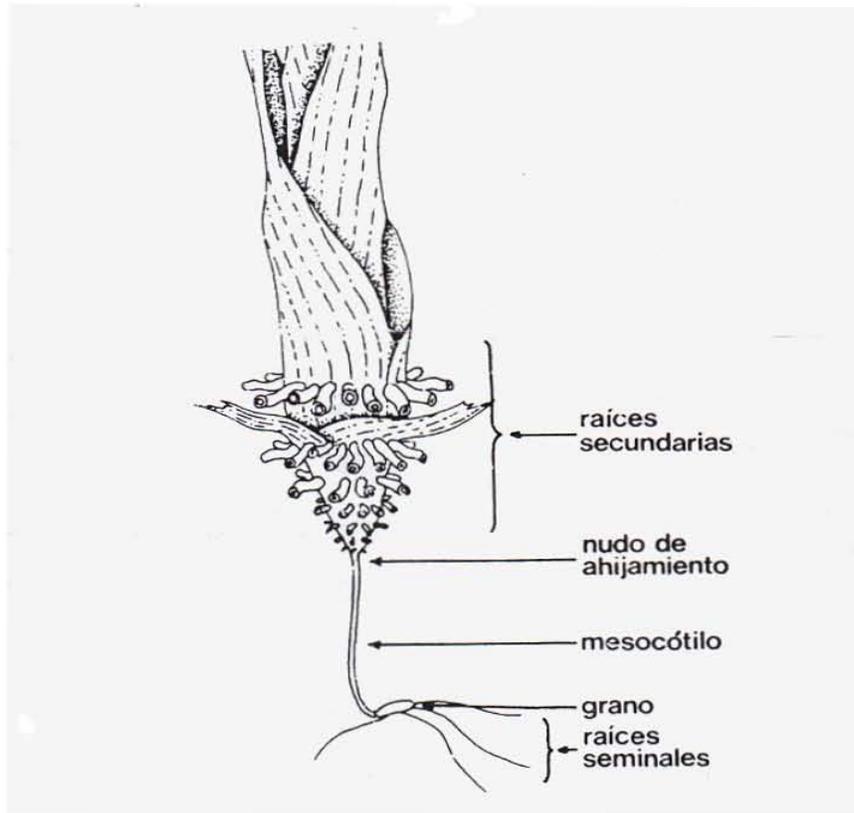


Figura 1.5 Sistema radicular del Maíz

El maíz y el sorgo tienen un sistema radicular secundario muy extendido, ramificado y fibroso y emiten, tardíamente, a nivel de los nudos situados por encima del suelo, los denominados “raigones” o raíces de anclaje, que tienen como función principal la de sostén de la planta.

La capacidad de elongación y ramificación de estas raíces es influida por las condiciones del medio, tales como: humedad, temperatura y textura del suelo. En suelos arenosos adoptan unas formas más largas y finas que en los suelos arcillosos. El desarrollo radicular, tanto de las raíces seminales como de las secundarias, es proporcional a la temperatura. Las temperaturas del orden de 10 a 15 °C favorecen la emisión de las raíces adventicias, en los cereales de invierno, reduciéndose cuando la temperatura del suelo es inferior a 6-8 °C. El exceso de agua invernal puede disminuir la velocidad del crecimiento radicular, afectando de esta forma el desarrollo posterior del cultivo.

En general, el crecimiento radicular cesa en el espigado, e incluso puede llegar a degenerar durante el período de formación del grano. Sin embargo, en condiciones de disponibilidad de nutrientes y agua, su crecimiento activo puede continuar más allá de este estado, lo cual es frecuente en el maíz y el sorgo. La fertilidad del suelo también influye en la extensión del sistema radicular. Un déficit en nitrógeno o fósforo aumenta la importancia de las raíces, pero no una carencia de potasio. La absorción de nutrientes por las raíces está muy relacionada con la temperatura (36).

b) Sistema Aéreo.

El sistema aéreo de los cereales está formado por tallos que parten de una zona situada en la base de la planta que se denomina nudo de ahijamiento. Cada tallo o vástago porta las hojas, acabando, en su extremo, en la inflorescencia.

El sistema aéreo de los cereales crece más rápidamente que las raíces. La formación precoz y abundante de raíces secundarias tiene un efecto positivo sobre el desarrollo de los tallos fértiles, al existir una estrecha relación entre el número de raíces y de yemas formadas en el ahijado (36).

Tallos

Están formados por nudos y entrenudos y se diferencian las hojas. Cada nudo es el punto de unión de una hoja. El número de entrenudos, en los tallos portadores de espigas, varía de 5 a 9 según especies y variedades. (Figura 1.6)

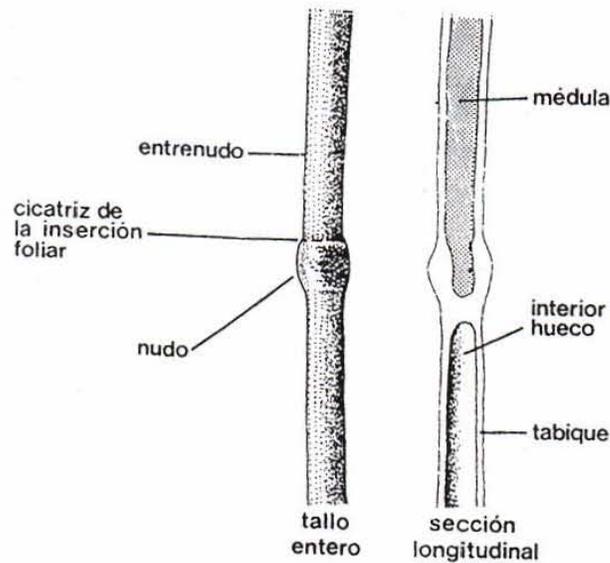


Figura 1.6 Tallo de Cereal.

Hojas

Se disponen alternas y en dos filas a lo largo del tallo. Cada hoja tiene dos partes: la vaina, que es la zona inferior que envuelve el entrenudo y el limbo o zona superior. Las vainas son glabras o ciliadas, según especies y variedades, y están sujetas, a nivel de nudos, encajándose unas en otras cuando son jóvenes, formando un tubo cilíndrico en torno al tallo, que se desune a medida que crecen los entrenudos. El limbo tiene unas nerviaciones paralelas y es más largo que ancho, su longitud varía con las especies y con la situación en el tallo. En la unión del limbo y la vaina puede existir una pequeña membrana o lámina membranosa, no vascular, más o menos alargada y dentada, denominada *lígula*, a cada lado, en la base del limbo, se encuentran las *estípulas* glabras o vellosas. El trigo tiene una *lígula* y dos *estípulas* pequeñas y vellosas, la cebada *lígula* y dos *estípulas* glabras muy abrazadoras, la avena y el sorgo *lígula* y no tiene *estípulas*, el centeno *lígula* muy corta y prácticamente sin *estípulas* y en el arroz la *lígula* es bífida y las *estípulas* son finas, alargadas y vellosas (figura 1.7). El porte del limbo es más o menos erecto, siendo ello una característica varietal., que se refiere a la pureza varietal que es la fidelidad con que una semilla transmite todas las características de la variedad que pertenece, estando libre de cruzamientos con otras variedades (36).

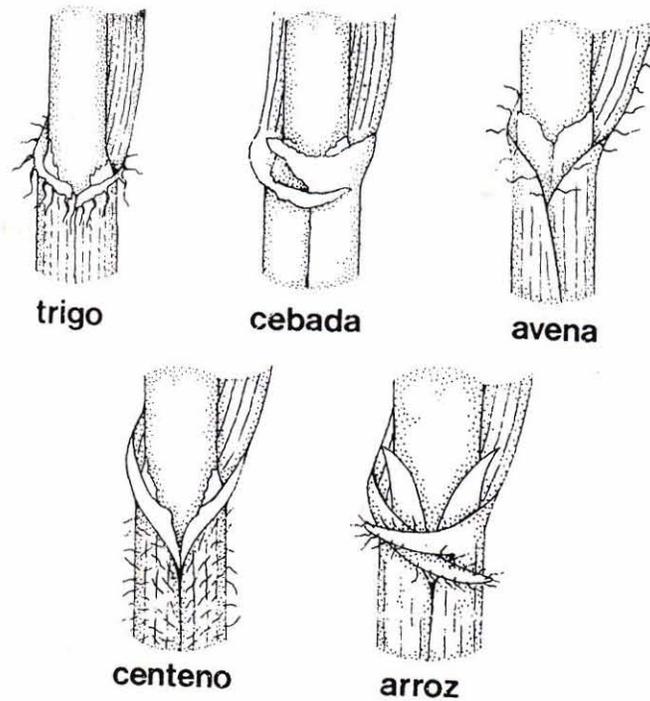


Figura 1.7 Reconocimiento de los Cereales según el Limbo de la hoja.

Inflorescencias

En los cereales existen dos tipos de inflorescencia: en espiga (trigo, cebada y centeno) y en panícula (avena, arroz y sorgo) (figura 1.8). En ambos casos la unidad morfológica básica es la espiguilla cuyo conjunto integra la inflorescencia. La espiguilla tiene de una a varias flores envueltas por dos glumillas, inferior y superior, denominadas lema y palea. La espiguilla está envuelta en dos brácteas o glumas, uniéndose al eje principal de la inflorescencia o raquis, en el caso de la inflorescencia en la espiga (36).

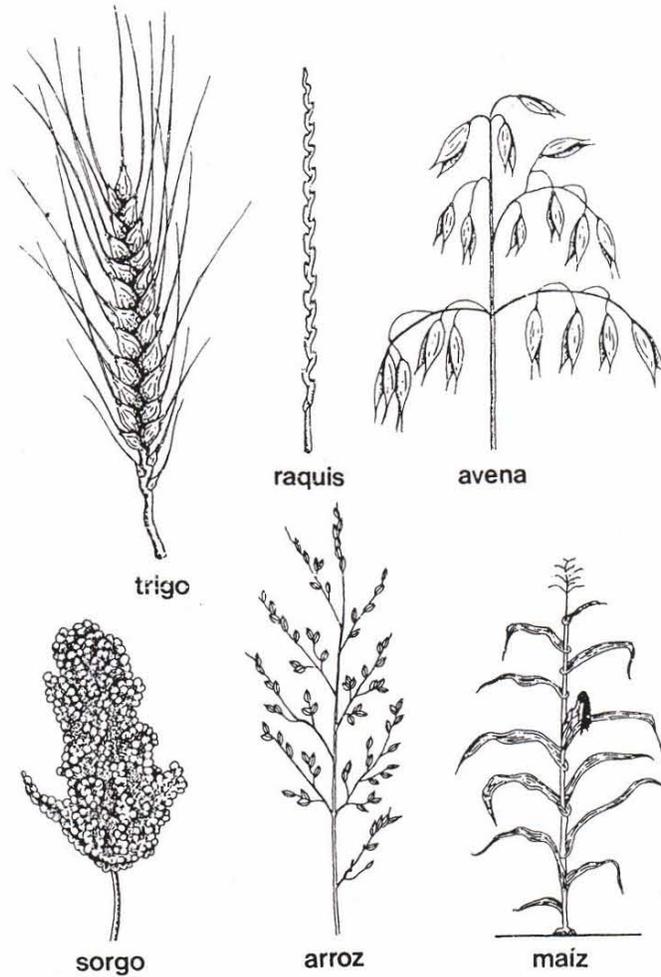


Figura 1.8 Inflorescencias de los Diferentes Cereales.

2) Maduración del Grano.

Las semillas recolectadas antes o después del punto de madurez fisiológica (cuando la semilla alcanza su máximo peso y tamaño) son semillas con menor potencial de almacenamiento, ya sea porque no han alcanzado su máximo vigor o porque ya se inició el proceso de deterioro Definiendo el término **Vigor** como el potencial de las semillas para germinar rápido y tolerando condiciones ambientales adversas y óptimas (31).

En los cereales se distinguen varios estados de madurez:

- *Madurez verde o lechal.* El grano ha llegado a su máxima expansión, su contenido es blando y se presenta blanco como la leche. Su contenido de agua es del 50%. El grano crece rápidamente, incrementando su volumen y peso de agua y materia seca hasta alcanzar el tamaño definitivo al final de la misma. Esta fase dura en el trigo de 12 a 15 días.
- *Madurez amarilla o de cera.* El grano se encoje y se rompe cuando se dobla encima de una uña. El contenido es moldeable, plástico, pero consistente. El contenido de agua suele ser del 30%.
- *Madurez plena.* La planta ha muerto. Los nódulos se han encogido y están secos. Apenas pueden romperse los granos. El contenido acuoso apenas supera el 20%. Es el momento de cosecharlas con máquinas atadoras de gavillas.
- *Madurez muerta.* La paja se pone quebradiza. Los granos se encojen aún más y tienen sólo alrededor del 15% de agua si el tiempo es seco. Puede incluso que se desprendan granos. Es el momento de cosechar con la máquina cosechadora – trilladora. Se verifica la pérdida de agua del grano, pasando éste del estado pastoso-duro a duro. Cuando la humedad descende, aproximadamente, el 14% se alcanza el estado de madurez y el grano se encuentra en condiciones óptimas para la recolección (36,49).
- *Madurez de emergencia.* Puede darse el caso de que un ataque masivo de plagas del campo a una sequía prolongada impidan que las espigas y el grano lleguen a su madurez. Los granos pueden quedar pequeños y deben cultivarse para que no se pierda todo el cultivo (20).

El trigo llega a su madurez, cuando la planta cambia su color verde por el blanquecina o amarillento. La madurez empieza por el cuello de la planta y a medida que avanza hacia arriba, los materiales que ésta ha almacenado en el tallo y en las hojas, migran en dirección a la espiga, para depositarse en los granos. El grano ha llegado a la madurez

cuando no se deja cortar transversalmente con la uña. A estos parámetros que nos indican cuando se debe cosechar un grano se le conocen como índices de cosecha (20)

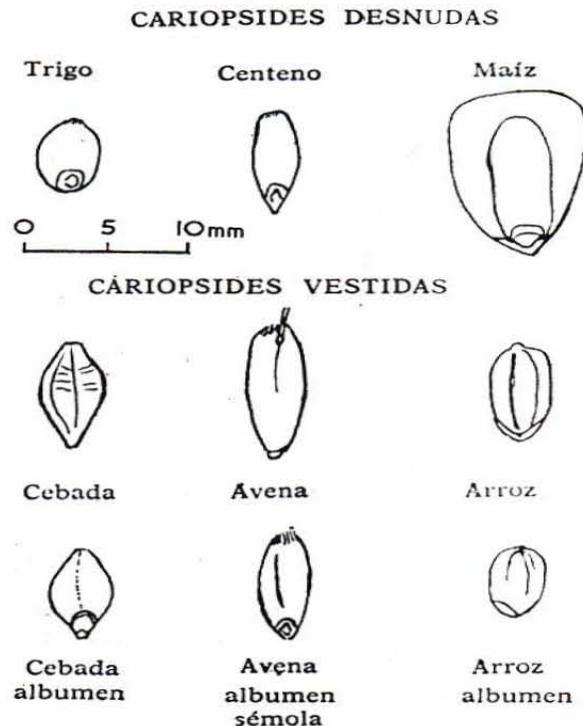
1.2.3 Clasificación de los cereales.

Las gramíneas poseen raíces fuertes y fibrosas de las que emergen tallos relativamente rígidos. En la base del tallo crecen ramas y hojas estrechas. Los cereales destacan entre las demás gramíneas por la formación de frutos relativamente grandes que se llaman cariósides, cuyas cubiertas están soldadas a las semillas. En la cebada la avena y el arroz, las glumas² están unidas al fruto, mientras que las que poseen el trigo y el centeno se separan en el proceso de la trilla. Este tipo de granos se clasifican en granos desnudos y vestidos.

Granos desnudos: El grano es desnudo cuando se desprenden las glumillas del grano, espontáneamente o en la trilla. Este carácter influye grandemente en la composición y en los métodos de utilización del grano, puesto que las glumillas son esencialmente celulósicas (8). En el trigo, arroz, centeno, maíz, triticale, sorgo y mijo perlado, el grano se desprende fácilmente de la cáscara mediante la trilla, por ello, se dice que estos granos son desnudos. (31)

Granos vestidos: Los granos vestidos tienen. Por lo general, un peso específico más débil y un menor valor tecnológico y alimenticio por unidad de peso. Los esfuerzos de la selección se dirigen a reducir la importancia de estas envueltas, como en el caso de la cebada cervecera, avena, etc., con la finalidad de conseguir una piel fina (8). En las formas de cebada (vestida) las glumelas se fusionan con el ovario durante el desarrollo del grano, formando la cáscara o vaina de este, por lo tanto, es una cariósida cubierta. Avena, cebada, arroz, algunas variedades de mijo y sorgo. (33)

² **gluma.** (Del lat. *gluma*). f. *Bot.* Cubierta floral de las plantas gramíneas, que se compone de dos valvas a manera de escamas, insertas debajo del ovario. **Microsoft® Encarta® 2006. © 1993-2005 Microsoft Corporation.**



López B.L. (1991)

Figura 1.9 Cariópsides desnudas y vestidas.

Granos de los seis cereales más importantes, mostrando su tamaño comparativo y su forma. El albumen de los tres cereales vestidos (cebada, avena y arroz) aparece en la línea inferior

1.2.4. Proceso Respiratorio.

Después de cosechados, los granos continúan viables y, como todos los organismos vivos, respiran (14).

El proceso de respiración de la semilla/grano está principalmente influido por su contenido de humedad y temperatura. El fenómeno de la respiración puede autoacelerarse ya que, al incrementarse la temperatura, se aumenta la intensidad de la respiración, generando calor y humedad, aumentando aún más la respiración. Este aumento en el grado de respiración de las semillas/granos crea un ambiente propicio para el ataque de microorganismos e insectos en actividad también incrementa la respiración de la semilla.

El proceso de respiración se expresa mediante la siguiente reacción química que involucra la utilización del oxígeno con producción de bióxido de carbono, liberación de energía en forma de calor y una disminución en el peso: (60)



La respiración del grano es difícil de medir a causa de la dificultad para distinguir entre la respiración del grano y la de los microorganismos que siempre van asociados con él. Probablemente el modo de medir la respiración consiste en medir el CO_2 producido, o el oxígeno consumido (10).

Proceso respiratorio bajo condiciones aeróbicas

La respiración bajo condiciones aeróbicas (en presencia de oxígeno libre) es el proceso por medio del cual las células vivas de los vegetales oxidan los carbohidratos y las grasas, por medio del oxígeno atmosférico, produciendo gas carbónico (CO_2) y agua (H_2O) y liberando energía en forma de calor (figura 1.10) (14).

Mediante la respiración se libera energía debido a la oxidación bioquímica de los carbohidratos y de otros nutrientes (49)

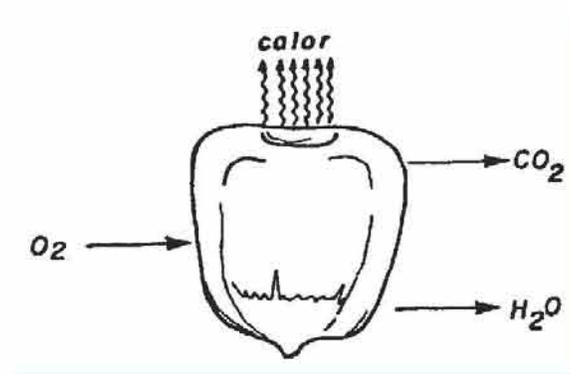


Figura 1.10 Respiración aeróbica.

La siguiente ecuación representa este proceso:



Proceso respiratorio bajo condiciones anaeróbicas

La respiración anaeróbica se produce sin la presencia del oxígeno libre; los productos finales de la respiración se componen de gas carbónico y algunos compuestos orgánicos simples, como el alcohol etílico ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). En la respiración anaeróbica, el

oxígeno también forma parte activa de las reacciones de oxidación; no obstante, las células no reciben el oxígeno desde el exterior, sino que éste se obtiene de la propia célula. Las fermentaciones son procesos de respiración anaeróbica (figura 1.11) (14).

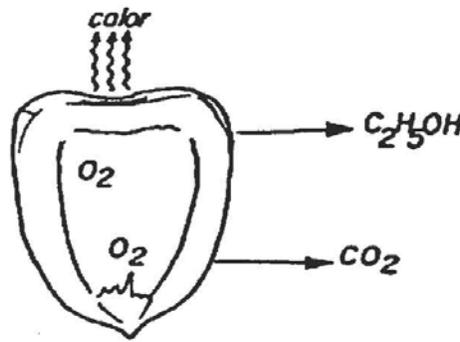


Figura 1.11 Respiración anaeróbica

La siguiente reacción representa este proceso:



Glucosa alcohol etílico

La velocidad de la respiración en los granos está íntimamente ligada con la disponibilidad del oxígeno y es función de la temperatura, así los granos húmedos se calientan más que los granos secos y mientras exista oxígeno disponible puede llegar este calentamiento hasta la destrucción de los granos por el efecto adverso de las altas temperaturas, y aún hasta la ignición misma (49)

Los principales factores que afectan la velocidad del proceso respiratorio se muestran en el Tabla 1.5 (14)

Tabla 1.5 Factores que afectan la respiración

FACTOR	EFEECTO
Temperatura	El aumento de la temperatura puede acelerar la respiración dos o tres veces hasta un cierto límite, arriba del cual disminuye como resultado de los efectos destructores de las altas temperaturas sobre las enzimas.
Humedad	El nivel de humedad de los granos influye directamente sobre su velocidad de respiración. Los granos almacenados con humedad de entre 11 y 13 por ciento tienen un proceso respiratorio lento. Sin embargo, si se aumenta el contenido de humedad, se acelera considerablemente la respiración y, en consecuencia, ocurre un deterioro. El nivel de humedad del producto es un factor fundamental para su conservación.(28)
Microorganismos	El gas carbónico (CO ₂) que se produce durante la respiración, se debe al metabolismo de los insectos presentes en los granos secos y a los microorganismos (sobre todo hongos) presentes en los granos húmedos. Cuando los hongos son los principales agentes responsables del aumento del proceso respiratorio se puede llegar a un punto en que los granos húmedos dejan de ser organismos vivos y pasan a ser un substrato alimenticio de los hongos, que siguen respirando y transformando la materia seca de los granos en gas carbónico, agua y calor.
Aire ambiental	La composición del aire ambiente de almacenaje, relación entre gas carbónico y oxígeno también afecta el proceso respiratorio de la masa de granos. Cuanto mayor sea la proporción de CO ₂ y menor la de oxígeno menor será la intensidad respiratoria de los granos almacenados en una bodega o silo.

D'Antonio Faroni L.R (1993)

1) Consecuencia del proceso respiratorio

a) Pérdida de peso

Mientras más alto es el contenido de humedad y la temperatura de los granos, más intenso es el proceso respiratorio lo que implica mayor consumo de sustancias orgánicas, rápido deterioro del producto y pérdida de materia seca y peso (14).

b) Calentamiento espontáneo y focos de calentamiento húmedo y seco

El llamado calentamiento “espontáneo” de los granos almacenados, se debe al proceso respiratorio realizado por los organismos vivientes. El bajo calor específico de los granos impide que los calentamientos, que se originan casi siempre en las zonas más húmedas de la masa, se disipen fácilmente a través del volumen del grano y por esto, la temperatura de los granos en una zona reducida, se incrementa. Este aumento de temperatura acelera más aún la velocidad de respiración de los granos en esas regiones y es así como continúa ascendiendo la temperatura. (31)

Existen dos clases de calentamiento en los granos:

- Calentamiento de granos secos o calentamiento ocasionado por insectos que pueden desarrollarse en los granos con humedad cercana al 15 % o menos, lo que produce temperaturas de hasta 42 °C.
- Calentamiento de granos húmedos ocasionado por microorganismos que se desarrollan en los granos con humedad de 15% o superior, lo que produce temperaturas de hasta 62 °C (14).

La intensidad de la respiración, depende de una serie de factores como puede ser: clases de granos, humedad, composición química del grano, temperatura, tiempo de almacenaje y, es por ello que la respiración debe ser llevada a su mínima expresión, ya que no solo puede provocar inconvenientes por el calor que genera, sino también por la degradación de lo que pretendemos conservar. Cuando el contenido de humedad de los granos excede el 14 %, el proceso respiratorio aumenta no sólo el de los granos sino el de las restantes variables biológicas del granel.

Todo proceso respiratorio en el granel es pérdida de peso. Debido a la mala conducción del calor en el granel, el mismo se localiza alrededor de su fuente u origen, generando un **foco**, que tiene la facultad de autoaumentarse. (13)

1.2.5. Propiedades físicas de los cereales.

La apariencia visual de los cereales es lo primero que se tienen que observar en los granos ya que proporciona información con relación a la firmeza y calidad de un determinado lote. El tamaño, forma, color y desarrollo del grano ha sido ampliamente usado para clasificar los granos de acuerdo con la calidad potencial para el procesado. Por ejemplo tradicionalmente es conocido que granos muy desarrollados y con brillo proporcionan la mejor extracción (la proporción total de harina blanca extraída de un peso de trigo determinado) y granos con aspecto apagado y alisado (vítreo) son asociados con un mayor contenido de proteína y dureza del trigo. La inspección visual de una muestra de granos nos puede revelar la pureza de la muestra, contaminación o infestación (17).

1) Vidriosidad.

La vidriosidad es una descripción de la apariencia del grano. Los granos vítreos tienen un aspecto oscuro, translúcido, apariencia vítrea en oposición a los granos harinosos, que presenta luminosidad y apariencia opaca. Aunque esencialmente se trata de una descripción subjetiva, existen varios métodos para examinar esta característica, lo cual permite reducir la subjetividad de la descripción, El *harinador Pohl* es usado para cortar 50 granos simultáneamente y obtener su sección transversal, sobre la cual se observa como es reflejada la luz, los granos completos o cortados pueden ser iluminados mediante luz transmitida a través de una placa de vidrio. La apariencia opaca de los granos harinosos es causada por la naturaleza porosa del endospermo, dispersando la luz reflejada y transmitida para dar un conjunto opaco de color blanco. En los granos vítreos la ausencia de porosidad ha sido asociada con un incremento de la densidad, dureza y mayor contenido de proteína, dando mejor calidad molinera (17).

2) Peso hectolitrico.

La forma y tamaño de los cereales (tabla 1.6) es muy similar, exceptuando al maíz que es substancialmente mayor que el resto de los cereales, sobre todo en el ancho del grano. Estas diferencias en forma y tamaño podrían esperarse que se reflejaran en el peso volumétrico o (kg/hl) de cada cereal, pero esto no ocurre así, el **peso hectolítrico** (el peso

hectolitrico del grano está expresado en kilogramo de grano limpio por hectolitro kg/hl) depende principalmente de si el grano tiene adherida la cascarilla externa, formada por la lema y la palea, como en el caso del arroz y de la cebada, o si son desnudos como en caso del centeno, sorgo, el trigo y el maíz. En segundo término el factor que más incide en el peso hectolítrico es el peso específico del grano (32).

El peso hectolítrico, es uno de los indicadores más ampliamente usado como relación de calidad del trigo en su comercialización. Es medido por el peso de los granos necesarios para llenar un contenedor de volumen conocido bajo condiciones controladas, En los Estados Unidos el peso específico es descrito en libras bushel y en Europa como kilogramo por hectolitro, conocido como **peso hectolítrico**. El peso hectolítrico es asociado con la extracción (la cantidad de harina producida por unidad de peso de trigo) (17).

Tabla 1.6 Características físicas y peso hectolítrico de los cereales.

CEREAL	LARGO mm	ANCHO mm	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PESO HECTOLITRICO (kg/hl)
CENTENO	4.5-10	1.5-3.5	1340	69.5
SORGO	3-5	2.5-4.5	1230-1330	136
ARROZ PALAY	5-10	1.5-5.0	1370-1400	57.5-60
AVENA	6-13	1.0-4.5	1360-1390	35.6-52
TRIGO	5-8	2.5-4.5	1400-1435	79-82.5
CEBADA	8-14	1.0-4.5	1390-1400	58-66
MAIZ	8-17	5.0-15	1310	74.5

Iruegas E.A (1996)

3) Peso de los granos

El peso del grano en los cereales (cuadro 1.7), varía en función del tamaño y de la densidad específica de cada uno de ellos. Entre los cereales se distingue el maíz por ser de mayor tamaño y peso de grano y además por poseer una proporción escutelar mucho mayor que en los otros cereales. Esta característica del maíz permite, separar al germen y mediante un proceso industrial obtener aceite comestible (32).

La **densidad** de los cereales está definida como la densidad del endospermo, esta característica es importante ya que de ella depende la densidad aparente o peso específico. La densidad está influenciada por la porosidad y de los componentes del endospermo dentro del grano, por lo que está asociado con la dureza física, vidriosidad y la aptitud del trigo para la molienda (17).

Tabla 1.7 Peso del grano en los cereales.

CEREAL	Peso mínimo(mg)	Peso máximo (mg)	Media (mg)
CEBADA	36	45	41
TRIGO HARINERO	30	45	40
TRIGO DURO	43	46	41
MAIZ	150	600	350
AVENA	15	23	26
ARROZ	23	27	26
CENTENO	14	40	30
SORGO	8	50	30
TRITICALE	38	53	48

Iruegas E.A (1996)

4) Porosidad

Los granos tienen una estructura porosa y se sabe que, debido a esa porosidad, existe el fenómeno de la difusión del aire a través de la masa, la cual es muy lenta y por sí sola, no es capaz de eliminar cualquier exceso de humedad o de temperatura de la masa del grano, cuando se encuentra éste bajo buenas condiciones de almacenamiento (49).

Los granos son partículas granulares independientes y en una masa definen un volumen de aire intersticial, este % de aire intergranario se llama porosidad y es del orden del 35 al 40 % (13).

5) Fluidéz: Se refiere a la calidad de movimiento de los granos y está determinada por el ángulo de reposo del grano (13).

Angulo de reposo

Una de las propiedades físicas más importantes de los granos es el ángulo de reposo que es el ángulo que se define como el ángulo de inclinación entre la base de apoyo y el cono creado por el grano al caer (13). Cuando se vierte el grano a un depósito, forma un ángulo con la horizontal que se llama *ángulo al reposo* (figura 5.5). El ángulo que forman la mayoría de los granos es de unos 27° aproximadamente. El grano húmedo o el grano muy pequeño producen pendientes ligeramente más planas debido a que el flujo del grano es menos libre ocasionando que el valor del ángulo de reposo sea mayor. La tolva de descarga en la parte inferior del silo, debe tener forma cónica con pendiente mayor que la del ángulo de reposo, porque, no fluye el grano. Los depósitos más pequeños necesitan pendiente mayores a causa de la mayor fricción sobre los lados de la tolva. La presión que ejerce el grano, sobre el fondo del depósito, no es proporcional a la altura del grano. Cada grano descansa sobre varios granos que están bajo él, de forma que el peso se distribuye lateralmente hasta llegar a la pared.

Durante el almacenamiento, el grano se sedimenta o encaja. El grano ligero como la avena, puede encajarse hasta un 28%. Otros granos más pesados, se encajarán muy ligeramente. Cuando se vierte grano a un silo, el grano más pesado cae más rápidamente y más derecho. Las partículas más ligeras como glumas, se acumulan hacia las paredes. Sin embargo, cuando la corriente de granos tropieza con otros granos, las partículas más pequeñas quedan atrapadas entre los granos más grandes. Granos rotos o partículas grandes de polvo, quedan en el centro del montón, donde el chorro que entra golpea el montón de grano. Los granos no deteriorados resbalan por la pendiente (ángulo de reposo.) (31)



Figura 1.12 Montón de grano mostrando el ángulo de reposo.

A mayor tamaño, superficie lisa, menor humedad, forma esférica y menor cantidad de impurezas tendremos que el grano va a fluir libremente teniendo un ángulo de reposo menor a 30° . A mayor fluidez menor capacidad de transporte (13)

6) Segregación: Es la separación natural de los componentes de un granel durante el llenado de un depósito, camión, etc. Sometidas a un mismo movimiento las partículas responden de distinta manera según su peso específico, sus formas etc. Por lo tanto los componentes más pesados caen verticalmente y el material liviano es arrastrado por las corrientes de aire hacia las paredes del depósito o camión, por lo tanto tendremos una distribución heterogénea de los componentes del granel (13).

7) Termo-física: Se refieren al movimiento de humedad y temperatura dentro del granel y se incluyen: conductividad térmica y conductividad húmeda.

Conductividad térmica: Implica la capacidad para transferir o propagar calor. El grano tiene una conductividad térmica sumamente baja, del orden del 0.0004 cal /cms . Es decir que tiene una capacidad aislante. Como consecuencia de ello puede provocar importantes alzas de temperatura en focos bien localizados (13)

Cada grano o semilla tiene, una determinada conductividad térmica, es decir, cierta velocidad con la que el calor pasa de las zonas calientes hacia las más frías en la masa del grano, siendo diferente y específica, para los diversos tipos de granos o semillas. El tamaño y la textura de los granos o semillas determinan en parte la velocidad y conductividad térmica. En general, esta conductividad en los granos y semillas es muy baja y se puede comparar a la que posee el suelo o las maderas blandas. Esto aclara y explica que, una vez producida una zona de calor en cualquier parte de la masa del grano, el calor se transmitirá con mucha lentitud hacia las áreas frías. Esta es la razón fundamental por la que la temperatura alta causa tantos daños en los volúmenes de granos que se encuentran almacenados (49).

Conductividad húmeda: Se refiere al movimiento de humedad en función de los gradientes de temperatura. El aire tiende a desplazarse de zonas calientes a zonas frías y también debemos recordar que el aire caliente es más liviano que el frío y además es capaz de transportar mayor cantidad de agua en forma de vapor. A mayor diferencia de temperaturas más importante es el movimiento de humedad.

En general la humedad del aire intergranario y parte de la humedad del grano es arrastrada por el movimiento del aire que se produce siempre que exista una parte caliente y otra fría. Al llegar a la fría la humedad se condensa y daña la parte de granos en contacto con ella.

Las diferencias de temperatura entre el cereal y el medio provocan dentro de la masa del cereal corrientes de convección a través del grano acompañadas por un desplazamiento de humedad que contiene el grano desde las zonas más calientes a las zonas de menor temperatura (13).

1.2.6. Propiedades y composición química de los cereales.

Los cereales contienen un promedio 75% carbohidratos, 10% proteínas, 1-2% grasa, 10% humedad y 1-2% cenizas. El principal carbohidrato en los cereales es el almidón. Un segundo carbohidrato es la celulosa. Los cereales contienen proteína de una calidad inferior

que la encontrada en alimentos de origen animal, como carne, leche y huevos. El grupo de los cereales es deficiente en lisina y bajos en triptofano y metionina. El nivel de los aminoácidos esenciales puede incrementarse en los cereales mediante la introducción de genes mutantes, también mediante la germinación de los mismos (10).

Existe entre los cereales una variación importante en los contenidos de proteína, grasa, fibra, minerales y carbohidratos (Tabla 1.8). Además su distribución en el grano es variable también, por lo que, dependiendo del tipo de transformación a que se somete cada grano, se tienen efectos en la composición de nutrimentos (32).

El componente más abundante en los cereales es el **almidón** y, de hecho, junto con las legumbres y las papas, son importantes fuentes de este polisacárido. Sin embargo, su contenido difiere de uno de los cereales a otros, encontrándose en menor cantidad en la avena, la cebada y el centeno, en los que aumenta el contenido en otros hidratos de carbono, especialmente polisacáridos no amiláceos. Los **lípidos** se encuentran en baja cantidad, alrededor del 2-3%, aumentando en la avena, cuyo contenido es aproximadamente del 5- 7%. En cuanto al contenido de **agua**, hay que tener en cuenta que nunca puede superar el 14% ya que, en este caso, el grano se enmohece; por ello el almacenamiento se debe realizar en un lugar seco, cuidando la producción de calor y humedad de los granos mencionados (3).

Tabla 1.8 Composición química de los cereales

% PESO	TRIGO	CENTENO	MAIZ	CEBADA	AVENA	ARROZ	MIJO
Agua	13.2	13.7	12.5	11.7	13.0	13.1	12.1
Proteína	11.7	11.6	9.2	10.6	12.6	7.4	10.6
Lípidos	2.2	1.7	3.8	2.1	5.7	2.4	4.1
Almidón	59.2	52.4	62.6	52.2	40.1	70.4	64.4
Otros HC	10.1	16.6	8.4	19.6	22.8	5.0	6.3
Fibra cruda	2.0	2.1	2.2	1.6	1.6	0.7	1.1
Minerales	1.5	1.9	1.3	2.3	2.9	1.2	1.6

Belitz y Grosh (1997)

1) Contenido de humedad

El agua participa activamente en la formación de los granos de cereales y oleaginosas, pues es el vehículo de transporte de las sustancias nutritivas, a partir de hojas y raíces, que mediante procesos bioquímicos se polimerizan en almidón, lípidos y proteínas,

durante la fase de maduración. Cuando alcanza la madurez fisiológica, el grano se independiza de la planta y, según las condiciones psicrométricas del aire (temperatura y humedad relativa), pierde humedad hasta el momento de la cosecha.

El comportamiento de los granos y de sus productos durante el almacenamiento depende de la temperatura y del contenido de humedad que presenta el producto. No se puede emprender ningún análisis de esta materia sin referirse a dichos parámetros. El contenido de humedad, es decir, la cantidad de agua contenida en el grano, se puede expresar tanto en base húmeda como en base seca. La humedad con base húmeda, H_{bh} , y la humedad con base seca, H_{bs} , se definen respectivamente con las ecuaciones 1 y 2, donde m_w es la masa del agua, m_s es la masa de la materia seca y m_t es la masa total.

$$H_{bh} = \frac{m_w}{m_w + m_s} = \frac{m_w}{m_t} \quad \text{Ec.1}$$

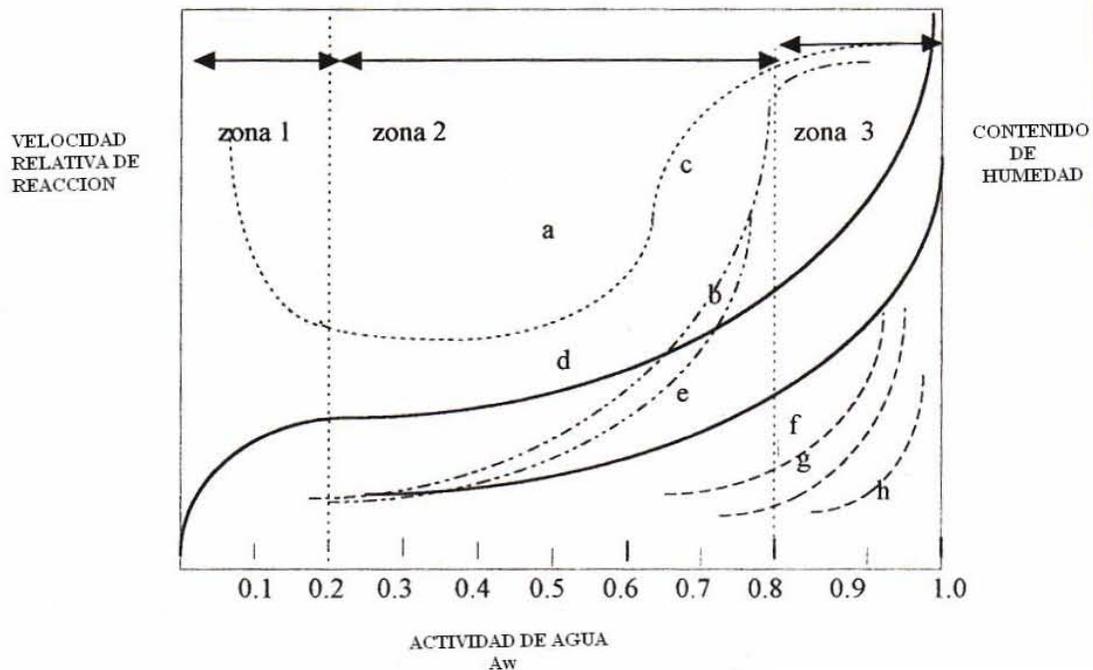
$$H_{bs} = \frac{m_w}{m_s} \quad \text{Ec.2}$$

Para comprender el papel que desempeña el agua de los granos en los procesos de secado y almacenamiento, es preciso comprender primero los principios básicos que intervienen en la fijación del agua por los componentes químicos de los granos. Cuando dichos principios están claros se puede apreciar todo el alcance de los diversos aspectos prácticos que tiene la relación entre el agua contenida en los granos y los procesos de secado y almacenamiento.

Fenomeno de "sorcion"

El agua contenida en los granos se presenta en distintas formas, en función de la naturaleza de los enlaces químicos que existen entre los componentes de la materia seca y las moléculas de agua, lo que determina los diferentes niveles de hidratación del producto (38).

Para comprender el significado y utilidad de las isoterma de porción, es conveniente dividirlos en tres zonas como se representa en la figura 1.13. Las propiedades del agua, nuevamente incorporada (resorción) a medida que se avanza desde la zona I (seca) a la zona III (de alta humedad), difieren considerablemente; las principales características del agua añadida en cada zona se describen a continuación (25):



Badui 1994

Figura 1.13 Cambios que ocurren en los alimentos en función de la A_w a 20°C

a) oxidación de lípidos, b) reacciones hidrolíticas, c) oscurecimiento no enzimático, d) isoterma de contenido de humedad, e) actividad enzimática, f) crecimiento de hongos, g) crecimiento de levaduras y h) crecimiento de bacterias

Zona I: El agua presente en esta zona de la isoterma es el agua del alimento más fuertemente absorbida y más inmóvil. Esta agua es absorbida a sitios polares accesibles por interacciones agua-ion o agua-dipolo. Se comporta simplemente como parte integrante del sólido. El final del mayor humedad de la zona I (el límite de la zona I y II) corresponde al contenido de humedad “monocapa” del alimento. Es considerar el valor monocapa como la cantidad máxima de agua que puede estar fuertemente ligada a la materia seca. El agua de la zona I constituye una fracción muy pequeña del agua total de un producto alimenticio de alta humedad (25).

Esta forma de agua se la puede eliminar sólo bajo rigurosas condiciones de temperatura y tiempo, como las que se emplean para determinar la humedad de los granos en estufa (38).

Zona II: El agua de la zona II consta del agua de la zona I más el agua añadida (procedimiento de resorción) confinada dentro de la zona II. El agua añadida de la zona II ocupa los restantes sitios de la primera capa y varias capas adicionales en torno de los grupos hidrofílicos del sólido, designándose agua multicapa. El agua de las zona I y II normalmente supone menos del 5% del agua de un producto alimenticio de alta humedad (25).

Zona III: El agua de esta zona de la isoterma consta de agua de las zonas I y II, más el agua añadida (procedimiento de resorción) dentro de los confines de la zona III. El agua añadida de la zona III es el agua menos fuertemente ligada y más móvil (molecularmente). El agua añadida o eliminada dentro de la zona III exhibe una entalpía de vaporización igual que la del agua pura, es congelable, es utilizable como solvente y suficientemente abundante y normal como para permitir que las reacciones químicas y el crecimiento microbiano ocurran rápidamente. El agua de esta zona se considera agua libre o atrapada, normalmente asciende a más del 95% del agua total de un producto alimenticio de alta humedad (25).

La presencia de agua libre en el grano lo inhabilita para el almacenamiento, puesto que puede favorecer el desarrollo de hongos y bacterias. Este tipo de agua se evapora fácilmente en el secado (38).

De acuerdo con lo anterior, el agua está adsorbida, es decir, se mantiene en los granos gracias a fuerzas de atracción molecular, o bien está firmemente ligada a la sustancia adsorbente. El término general "sorción" se usa para denotar esta interacción agua-sustancia adsorbente. Los términos generales adsorción y desorción se usan especialmente para denotar el proceso de ganar o perder agua por medio de sorción.

Esta clasificación de los tipos de agua presente en los granos no es más que una clasificación en categorías habituales. Cabe tener presente que en los sistemas coloidales,

tales como los granos, que están compuestos de varias sustancias y poseen una estructura organizada, se presentan muchos tipos de agua ligada en el abanico que va desde el agua libre al agua ligada químicamente (38).

Isotermas de sorción

La humedad de equilibrio se define como el contenido de humedad de un material higroscópico después de estar expuesto a un ambiente en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, durante un lapso prolongado. Se puede decir, además, que el material está en equilibrio higroscópico con el ambiente en que se encuentra cuando la presión de vapor de agua correspondiente a la humedad del material es igual a la presión de vapor de agua del aire ambiente. Para cada especie o variedad de material, la tensión de vapor tiene un valor característico acorde con la temperatura y el contenido de humedad del material.

La importancia que tiene la obtención de datos experimentales de equilibrio higroscópico de los productos agrícolas es bien conocida. Dada la importancia de este concepto, por sus innumerables aplicaciones en el secado, almacenamiento y manejo de los productos agrícolas, se han desplegado esfuerzos para obtener ecuaciones que expresen el contenido de humedad de equilibrio respecto de cada producto, en función de la humedad relativa y la temperatura del aire.

La utilidad de obtener esas ecuaciones son múltiples: a) las variaciones continuas de temperatura y humedad del aire en contacto con los productos almacenados originan cambios en el contenido de humedad de equilibrio. En las investigaciones relativas al almacenamiento, frecuentemente es preciso calcular dicho tenor de humedad por medio de dichas ecuaciones; y b) en los cálculos de secado, independientemente del sistema de secado que se ocupe, los valores de contenido de humedad de equilibrio se calculan incontables veces. Cabe destacar también la importancia de conocer esas ecuaciones de equilibrio higroscópico, para calcular la entalpía de la vaporización del agua de los productos biológicos en los procesos de secado (38).

Los valores del contenido de humedad de equilibrio de los productos biológicos dependen, principalmente, de la temperatura y de la humedad relativa del aire, de la especie o variedad del producto. La madurez fisiológica y la historia del producto, junto con la manera en que se obtuvo el equilibrio (adsorción o desorción), también influyen en la humedad de equilibrio.

Los materiales biológicos presentan la isoterma de sorción del tipo mostrado en la (Figura 1.14). Una isoterma es simplemente una curva que relaciona el contenido de humedad de equilibrio de un producto, con la humedad relativa del aire o actividad de agua del producto.

El contenido de humedad de equilibrio de un material higroscópico, en determinadas condiciones de temperatura y humedad relativa de equilibrio, depende del camino que se siga para alcanzar el equilibrio. Así, para una misma humedad relativa, puede haber dos isotermas, denominadas isotermas de adsorción y de desorción, obtenidas en función de las condiciones experimentales iniciales. Esto, porque el material puede presentar un contenido de humedad menor o mayor que la humedad de equilibrio para las condiciones del ambiente. Este fenómeno se llama histéresis. Las isotermas tienen forma sigmoidal, pues la isoterma de desorción presenta valores de humedad de equilibrio superiores al de la isoterma de adsorción (Figura 1.15).

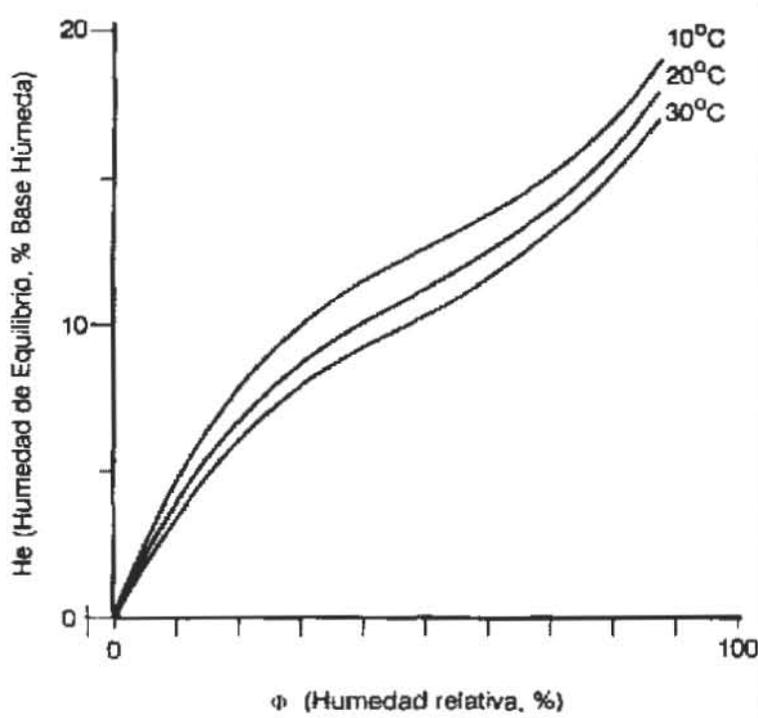


Figura 1.14 Isoterma de sorción de agua del maíz

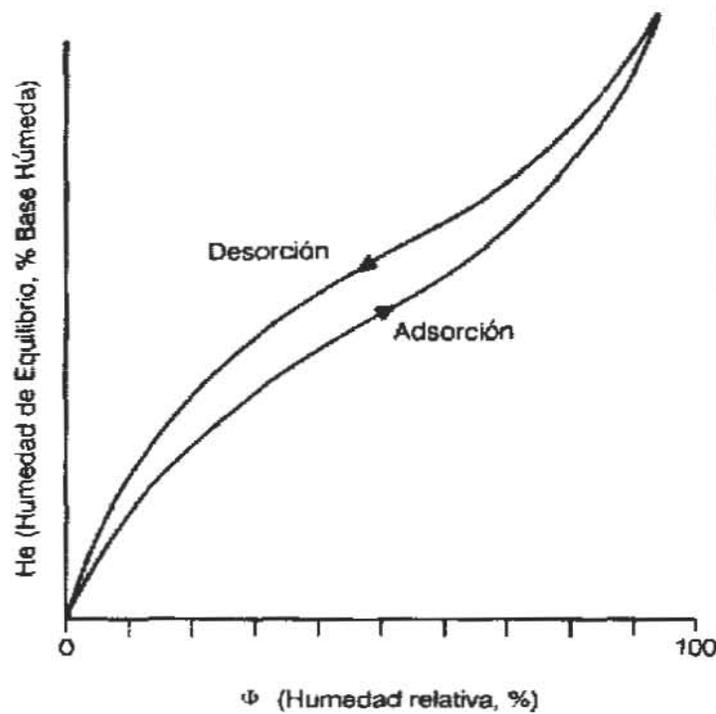


Figura 1.15 Isotermas de absorción y desorción, representación del fenómeno de equilibrio higroscópico.

El grano puede tomar o ceder agua en forma de vapor de agua desde el medio que lo rodea, es decir busca su equilibrio higroscópico (4).

El grano en relación con el medio puede encontrarse en tres situaciones diferentes:

- 1- La salida de agua sea mayor a la entrada. Pierde más agua que la que gana.
- 2- La salida de agua es menor a la entrada. Gana más agua que la que pierde.
- 3- La salida de agua es igual a la entrada. El grano está en equilibrio

higroscópico

2) Carbohidratos

El aporte calórico de los cereales a la alimentación humana es muy importante y se debe principalmente a los altos contenidos de almidón, la gran superficie sembrada y a los altos rendimientos de grano por unidad de superficie (32).

El almidón es un polímero de glucosa y es la principal fuente dietética de los hidratos de carbono disponibles. Hay alimentos ricos en almidón como papas, legumbres y cereales. El almidón en los vegetales se concentra sobre todo en granos y en los tubérculos, bulbos y raíces. Cuando está en la parte subterránea, recibe el nombre de fécula (35).

El almidón es el principal hidrato de carbono de reserva de los cereales y está presente únicamente en el endospermo, el almidón es una mezcla de dos glucanos, amilosa y amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de $\alpha(1-4)$ glucosa, mientras que la amilopectina presenta una estructura ramificada al azar de cadenas lineales $\alpha(1-4)$ glucosa unidas en las ramificaciones por uniones $\alpha(1-6)$. Los almidones de los cereales están formados en promedio por un 25% de amilosa y un 75% de amilopectina. (3).

El almidón se dispone en gránulos, en capas concéntricas, cuyo tamaño y forma son característicos de cada cereal.

Los cereales contienen otros polisacáridos distintos del almidón, aunque su contenido en el endospermo sea muy inferior al de este (Tabla 1.9). Entre ellos se

encuentran: hemicelulosa, pentosas, celulosa, beta-glucanos y glucofructanos. Estos polisacáridos son constituyentes de las paredes celulares, por lo que abunda más en porciones externas del grano que en las internas.

Desde el punto de vista fisiológico y nutritivo, los polisacáridos distintos al almidón, solubles e insolubles y la lignina se denomina fibra alimentaria. El contenido en fibra bruta del grano completo de trigo es de un 2%, en el endospermo está en un 0.1%, y en el salvado en 9-13.5% (3).

Tabla 1.9 Composición porcentual de hidratos de carbono en el trigo.

	ENDOSPERMO	EMBRION	SALVADO
Pentosanos y hemicelulosas	2.4	15.3	43.1
Celulosa	0.3	16.8	35.2
Almidón	95.8	31.5	14.1
Azúcares	1.5	36.4	7.6

Belitz y Grosch (1997)

3) Proteínas

Las proteínas de los cereales son importantes en la nutrición mundial, aún cuando sólo constituyen del 8-14 % del grano y son además, deficientes en algunos aminoácidos esenciales, por lo que no son aceptables como única fuente proteica. Sin embargo, su aporte masivo a la alimentación mundial, su costo y la posibilidad de su complementación de aminoácidos esenciales con proteínas provenientes de otras fuentes como son las de leguminosas, oleaginosas o de animales, los convierte en fuente prioritaria de alimento (32).

Tradicionalmente, las proteínas se han clasificado en cuatro categorías según su solubilidad. Esta clasificación está basada en el trabajo clásico de T.B. Osborne: (Tabla 1.10) (31)

Tabla 1.10 Tipos de proteínas de granos vegetales.

TIPO DE PROTEINA	SOLUBILIDAD	EJEMPLO PARTICULAR DE PROTEINA
Albúminas (diversos granos vegetales)	Solubles en agua	Leucosina del trigo
Globulinas (diversos granos vegetales)	Insolubles en el agua Solubles en soluciones diluidas de sales neutras	Edestina (cebada, trigo, centeno) Avenalina de la avena
Prolaminas (solamente en cereales)	Solubles en las disoluciones de etanol 70%	Alfa-gliadina (trigo) Zeína (maíz) Hordeína (cebada) Gliadina de la avena Origina del arroz Kafirina del Mijo Secalina del centeno
Glutelinas (solamente cereales)	Sólo solubles parcialmente en ácidos o álcalis diluidos (frecuentemente ácido acético) o también soluciones de urea o de guanina (que escinden los enlaces de hidrógeno)	Gluteninas (trigo) Avenina (avena) Secalinina del centeno Hordenina de cebada Zeanina del maíz Orizanina del arroz

Cheftel J.C, (1996)

Según la solubilidad, se distinguen en los cereales cuatro fracciones proteicas. A partir de la harina se extraen sucesivamente las *albúminas* con agua, las *globulinas* con una solución salina, y las *prolaminas* con etanol acuoso al 70%, quedando las *glutelinas* en el residuo de la harina. Las *albúminas* y la *globulinas* derivan de los residuos citoplasmáticos y de otras fracciones subcelulares del grano; estas dos fracciones contienen también enzimas, mientras que las prolaminas y glutelinas son proteínas de reserva. El trigo, la *gliadina* y *glutenina* (ambas insolubles) forman el gluten (3).

Hay proteínas que no parecen ajustarse a ninguno de los cuatro grupos. El trigo, cebada y centeno contienen glicoproteínas solubles en agua y no coagulables por el calor. El maíz, sorgo y arroz tienen proteínas no solubilizadas por los ácidos o bases diluidos. (31)

En los cereales, las albúminas y las globulinas, están concentradas en las células de aleurona, salvado y germen y a concentraciones algo inferiores, en el endospermo. Las prolaminas y glutelinas son las proteínas de reserva de los cereales. La planta almacena proteína de esa forma, para su utilización en la germinación. Estas proteínas están limitadas en los cereales, fundamentalmente en el endospermo y no se encuentra en el pericarpio o en

el germen. Las prolaminas de todos los cereales, son pobres en los aminoácidos nutritivamente importantes, lisina, triptofano y metionina. Desde el punto de vista nutricional las proteínas de los cereales son deficientes en lisina siendo los menos deficientes en este aminoácido el arroz y el centeno. El maíz además de ser deficiente en lisina, también lo es en triptofano, sin embargo como fuente de nutrición los cereales aportan energía por su alto contenido de carbohidratos. (31)

Durante la germinación de los granos, los gránulos y el contenido en proteína, disminuyen de una forma notable. Por esto, hay una hipótesis de que las gluteínas y las prolaminas de los cereales representan las proteínas de reserva, utilizadas como elemento nutritivo para el crecimiento del embrión. (11)

En cuanto el valor nutritivo, las proteínas de las diferentes harinas de cereales varían en su composición aminoacídica, pero el contenido en lisina de todos ellos es bajo y también el de metionina, especialmente en el trigo, el centeno, la cebada, la avena y el maíz, comparados con las proteínas de la carne, los huevos y la leche. (3)

Según de la cantidad total de proteína y de las proporciones presentes de los diferentes tipos de proteínas, serán las características funcionales en los alimentos. Por ejemplo, en el trigo la *gliadina* y la *gluteninas* permiten el extraordinario comportamiento de desarrollar el gluten durante el amasado para la panificación, que atrapa el gas formando durante el leudado del pan y producir migas ligeras de textura agradable al paladar. En la cebada maltera, las fracciones *albúminas* y *globulinas* permiten la actividad enzimática necesaria para transformar los contenidos endospermicos en azúcares fermentables y en nutrientes de la levadura en los procesos cerveceros. En el caso del maíz, el descubrimiento del gene “opaco-2” que produce una disminución de la fracción *zeína* que contiene poca lisina permitió la obtención de genotipos con un mayor contenido de lisina, al aumentar la proporción de albúmina y globulina con relación a la zeína y gliadina presentes en el grano. (32)

Tabla 1.11 Distribución porcentual de tipos de proteína en los granos de cereales

CEREAL	PROTEINAS TOTALES (g/100 g de muestra)	ALBUMINAS (g/100 g de muestra)	GLOBULINAS (g/100 g de muestra)	PROLAMINAS (g/100 g de muestra)	GLUTELINAS (g/100 g de muestra)
Cebada	10-16	3-4	10-20	35-45	35-45
Maíz	7-13	2-10	10-20	50-55	30-45
Avena	8-20	5-10	50-60	10-15	5
Arroz	8-20	2-5	2-8	1-5	85-90
Centeno	9-14	20-30	5-10	20-30	30-40
Sorgo	9-13	Traza	Traza	60-70	30-40
Triticale	12-18	20-30	5-10	20-30	30-40
Trigo harinero	10-15	5-10	5-10	40-50	30-40
Trigo duro	12-16	10-15	5-10	40-50	30-40

Iruegas E.A, (1996)

4) Lípidos

Los granos de los cereales contienen cantidades relativamente pequeñas de lípidos. El endospermo de la avena contienen lípidos en cantidad mayor (6-8%) que el trigo (1.6%); por esta razón, el contenido total de lípidos de la avena es mayor.

Los lípidos se almacenan preferentemente en el germen, que en el caso del maíz y del trigo sirve como fuente para la producción de aceite, y también en la capa aleurona. Por ello, al fabricar la harina hay que separar el germen del endospermo, para evitar, o al menos disminuir, las reacciones de alteración de los lípidos al ponerse en contacto con las lipasas presentes en otras zonas del grano.

Los lípidos más abundantes en los cereales son los glicéridos de ácidos grasos aunque también contienen fosfolípidos y glucolípidos. Así, en el trigo, el germen y la capa aleurona son ricos en triglicéridos, presentes como esferosomas, predominando, en el endospermo los fosfolípidos y los glucolípidos; estos lípidos del trigo influyen de manera importante en la panificación. Los lípidos de los cereales no difieren significativamente en su composición en ácidos grasos, predominando en todos los casos el ácido linoléico. Como componentes menores de la fracción lipídica de los cereales se encuentran los carotenoides y los tocoferoles. (3)

Tabla 1.12 Composición media de los ácidos grasos de los cereales (%)

	Mirístico (14:0)	Palmitico (16:0)	Palmitoleico (16:1)	Estearico (18:0)	Oleico (18:1)	Linoleico (18:2)	Linolénico (18:3)
Trigo		20	1.5	1.5	14	55	4
Centeno		18	<3	1	25	46	4
Maíz		17.7		1.2	29.9	50	1.2
Avena	0.6	18.9		1.6	36.4	40.5	1.9
Cebada	2	22	<1	<2	11	57	5
Mijo		14.3	1	2.1	31	49	2.7
Arroz	1	<28	6	2	35	39	3

Fuente Belitz y Grosch (1997)

Las grasas de los cereales están formadas principalmente por lípidos neutros, glicolípidos y fosfolípidos. Los lípidos de los cereales son relativamente ricos en ácido linoléico que es esencial en la alimentación humana (32).

5) Vitaminas y minerales

Los cereales contienen vitaminas del grupo B y carecen de vitamina C.

Por otra parte en la separación del salvado también se eliminan proporciones importantes de minerales y de vitaminas, en aquellos cereales en los que se separa el salvado y el germen durante el procesamiento, se disminuye también los contenidos de vitaminas, esto ocurre debido a que junto con el pericarpio, se separa también la capa aleurónica y algunas capas externas del endospermo amiláceo y en estas se encuentran importantes cantidades de minerales y vitaminas.

Se acostumbra en los países en los que las dietas dependen fuertemente de la ingesta de cereales, que si estos son desprovistos de los minerales y vitaminas presentes originalmente, se implementen programas de suplementación de estos productos semielaborados o finales. En el maíz el color amarillo del endospermo se debe a la presencia de pigmentos carotenoides precursores de vitamina A. En el trigo el color amarillo se debe principalmente a la presencia de xantofilas, que no son precursoras de la vitamina A. El germen de los cereales contiene aceites ricos en vitamina E (32).

Tabla 1.13 Contenido de vitaminas de los cereales.

(mg/Kg)	TRIGO	CENTENO	MAIZ	CEBADA	AVENA	ARROZ	MIJO
Tiamina	5.5	4.4	4.6	5.7	7.0	3.4	4.6
Niacina	63.6	15.0	26.6	64.5	17.8	54.1	48.4
Ac. Pantoténico	13.6	7.7	5.9	7.3	14.5	7.0	12.5

Belitz y Grosh (3) (1997)

La fibra en los cereales es el constituyente principal del pericarpio. En los cereales que se someten a procesos en los que el pericarpio o salvado se retira para obtener productos especiales, como en el caso de las harinas blancas del trigo y arroz pulido, los contenidos de fibra son disminuidos substancialmente. La fibra insoluble se considera conveniente para facilitar el vaciado intestinal. Se ha descubierto recientemente, en que la fibra soluble en el caso de la avena, coadyuva a la eliminación de colesterol en el humano (32).

1.3 Importancia del acondicionamiento de los granos en la industria alimentaria.

El objetivo principal del acondicionamiento de granos, es de mejorar la calidad física de los granos, para optimizar los procesos de transformación a los que se someten los cereales, y asegurar que existan las menores pérdidas en el producto terminado, debidas a que el grano no tiene las características necesarias para el proceso al que se someta, podemos analizar que importancia tiene cada una de las operaciones en procesos determinados y ver como afecta cada una de las etapas de acondicionamiento.

1) Importancia de las características físicas.

Es importante conocer las características físicas de los granos, ya que el tamaño y la uniformidad de los granos de cereales tienen especial relevancia en el tratamiento industrial. Cuando mayor sea el grano, más grande será el correspondiente endospermo y más alto será el rendimiento de harina. La uniformidad desempeña un papel de importancia a la hora de graduar las máquinas y los aparatos encargados de la limpieza y molido. (30)

Otro ejemplo de la importancia que tiene conocer las características físicas y su clasificación, es que conociendo que existen diferentes tipos de granos como en el trigo que existen trigo blando y trigo duro, que tienen diferencias estructurales sobre las harinas, los trigo duros, como su nombre lo indica son duros, por lo tanto se necesita más trabajo para reducir el trigo al tamaño de partícula fina, como consecuencia de ese trabajo, hay mayor cantidad de almidón lesionado durante la molturación. (31)

Capítulo 2 COSECHA

La cosecha que significa recoger el fruto de la tierra, representa fuertes inversiones, por lo tanto, una conducción errada de estos procesos productivos y/o una cosecha ineficiente, puede significar un quebranto económico del agricultor, ocasionado, ya sea por elevadas pérdidas de granos que quedan en el rastrojo o por una apreciable disminución de la calidad de la producción (21).

La recolección del grano de los cereales se realizaba manualmente por grupos de segadores que se trasladaban de unas regiones a otras con utensilios muy rudimentarios. Estas labores manuales consistían en el segado del cereal con ayuda de hoces, agavillado o amontonado de la paja en pequeños bloques; el atado y transporte en carretas. Una vez allí, se realizaba la trilla, para separar el grano de la paja, con ayuda de los ruellos o molas de piedra tirados por una caballería (21).

Con el tiempo cada una de estas operaciones se ha ido mecanizando. Las primeras máquinas que aparecieron fueron las guadañadoras en 1834, más tarde aparecieron las primeras segadoras-agavilladoras, que segaban y dejaban la mies en montones, sin atar, sobre el suelo. Luego, aparecieron las aventadoras, las segadoras-atadoras y las trilladoras estáticas. Pero no es hasta 1890 cuando aparecen las primeras cosechadoras. Estas máquinas complejas realizan las labores de siega, trilla, separación y limpieza del grano por sí solas. Al principio se trataban de máquinas accionadas con motores de vapor o arrastradas por animales de tiro. En 1938 aparece en los Estados Unidos la primera cosechadora integral autopropulsada con motores de gasolina. (21)

En los últimos años el cultivo de cereales, y en especial el trigo, ha tenido un auge muy notable. Ello se ha debido a un incremento de la demanda que tiende a cantidades mayores cada año. La gran ventaja de los cereales sobre los demás productos radica en su facilidad de almacenamiento. El trigo o cualquier otro grano almacenado, pierde

anualmente por respiración u otras causas, alrededor de un 3% de su peso. Otra ventaja de los cereales es la fácil transportación, por que no precisa de medios especiales para su transporte y se puede trasladar grandes distancias sin que se produzcan pérdidas de consideración (20).

2.1 Momento de la cosecha

Como principal preocupación del agricultor y que siempre debería tener presente, es que para obtener granos de buena calidad, es muy importante efectuar las labores de cultivo y cosecha en el momento oportuno y en forma adecuada, ya que éstas influirán grandemente en la calidad y conservación del grano; es común comprobar lo difícil que es para él tomar la decisión de cosechar, muchas veces lo hace anticipadamente o demasiado tarde.

1) **Cosecha anticipada**: se producen pérdidas por concepto de granos partidos, aplastados o deformados, chupados, arrugados, etc. En el caso de cosechas para semillas es más grave aún, ya que se produce un deterioro irreversible notándose sus efectos en la disminución de la germinación, en plantas anormales y en un menor vigor.

2) **Cosecha tardía**: Cuando la cosecha se efectúa tardíamente, trae consigo los siguientes problemas: pérdidas por desgrane, por pájaros y roedores, daños por lluvias, etc.

Los cereales se cosechan cuando los granos ya están maduros y contienen un cierto porcentaje de humedad. Un cereal se considera morfológicamente maduro cuando su grano no aumenta más la materia seca. En el trigo, esto ocurre cuando la humedad del grano es de alrededor del 50%

Un método práctico para saber cuál es el momento exacto para la cosecha, consiste en tomar varias espigas al azar y refregarlas entre las manos. Si el desgrane se produce en forma relativamente fácil, se está en el momento exacto de la cosecha. Es necesario tener en cuenta el tiempo que demorará la faena, tomando en consideración que una máquina de tamaño medio cosecha de 7 a 8 hectáreas al día. Esta no debería tomar más de cinco días por los peligros de incendio, lluvia o desgrane que es aprovechado por los pájaros.

Cuando el cultivo está invadido por malezas, después de la cosecha, durante el almacenamiento, puede elevarse el contenido de humedad del grano y la temperatura hasta niveles peligrosos, con riesgo del deterioro de los granos, ataque de insectos y microorganismos lo cual disminuye su valor nutritivo (53).

Etapas Poscosecha de los granos.

En la figura 2.1 se muestran las etapas poscosecha que comienzan con la maduración del grano hasta el almacenamiento. Los cereales pueden recolectarse en distintos estados y según técnicas muy diversas. La recolección comprende las operaciones de *siega*, *trilla*, *limpieza* y *almacenamiento*. La humedad del grano y las condiciones climáticas durante el período de recolección son factores decisivos para poder efectuarla inmediatamente. Hay que tener en cuenta el aspecto económico, pues la posibilidad de recolección del grano muy seco, cuando sea posible, evita o disminuye los gastos de secado antes de su almacenamiento. (51)



Marque P.J.A (1993) FAO

Figura 2.1 Etapas Poscosecha de granos.

Condiciones climáticas durante el período de maduración de la semilla

Las condiciones del clima pueden ejercer gran influencia en dos etapas de la maduración de las semillas. La primera corresponde a la etapa en que la semilla está

acumulando rápidamente materia seca en el campo, antes de ser cosechada; en esta etapa es indispensable la presencia de humedad en el suelo en cantidades adecuadas. Un período de sequía traería como consecuencia una semilla más liviana, es decir, con menor contenido de materia seca y, por lo tanto, serían menos vigorosas y tendrían menor potencial para el almacenamiento. La segunda etapa, en que la semilla se muestra particularmente sensible, se presenta cuando alcanza su máximo contenido de materia seca; en este caso la semilla se deshidrata rápidamente para entrar en equilibrio con la humedad relativa del aire. Si durante esta etapa llueve mucho, la deshidratación será lenta y el contenido de humedad permanecerá elevado por un período mayor, lo que propicia que las semillas se deterioren con rapidez (20).

En los climas mediterráneos, con tiempo cálido y seco durante la recolección, el porcentaje de humedad del grano suele ser inferior, de aquí la mayor ventaja de estas condiciones para la conservación del grano, sin necesidad de realizar una posterior operación de secado.

2.2 Métodos de Cosecha

El rendimiento de un cultivo depende en primer lugar de la situación geográfica. Los factores que influyen en segundo lugar son la intensidad de producción, es decir, la utilización de las ventajas de las técnicas modernas, semillas selectas, mecanización de labores, cuidado de siembra y lucha contra plagas (20).

El rendimiento del maíz y en general para todos los cultivos, no puede ser alterado una vez que la planta ha alcanzado su madurez fisiológica, es decir, cuando el grano llega a su máximo contenido de materia seca. Sin embargo, para mantener la producción hasta su comercialización es necesario sacarla del campo oportunamente. No hacerlo, significa un deterioro en la cantidad y calidad del grano, lo que se traduce en menores utilidades para el agricultor.

El grano llega a su madurez fisiológica cuando su contenido de humedad es alrededor del 37-38 %. La cosecha mecanizada se puede comenzar cuando el grano tiene

aproximadamente un 28% de humedad, no siendo recomendable que descienda a menos del 15%, entre estos límites, los granos se aplastan, se parten o pulverizan.

Cuando la cosecha se realiza en forma manual estos límites no son tan importantes y más bien dependen de las condiciones climáticas, mano de obra disponible y hábitos tradicionales.

En general, en superficies hasta 12 hectáreas aproximadamente, la cosecha manual es practicable y no presenta mayores problemas si se realiza oportunamente y las condiciones climáticas son favorables.

En general las formas más comunes de cosecha son:

- ❖ manual
- ❖ semimecanizada y
- ❖ mecanizada.(21)

2.2.1 Cosecha manual y semimecanizada.

La recolección del grano de los cereales se realizaba manualmente por grupos de segadores que se trasladaban de unas regiones a otras con utensilios muy rudimentarios. Estas labores manuales consistían en el segado del cereal con ayuda de hoces, agavillado o amontonado de la paja en pequeños bloques, y el atado y transporte en carretas. Una vez allí, se realizaba la trilla, para separar el grano de la paja, con ayuda de los tradicionales ruellos o molas de piedra tirados por una caballería.

La cosecha manual incluye las siguientes operaciones:

Siega. Cuando la siega se hace a mano se utiliza guadañas u hoces de diferentes formas y tamaños.

Desecación. Si se corta el grano antes de alcanzar el porcentaje de humedad requerido, se procede a la desecación. Se juntan y atan los tallos en gavillas de 5 Kg. de peso. Estas se colocan de tal manera que la paja sirva de techo a las panojas, para protegerlas de la lluvia.

Desecación en caballetes con la espiga hacia abajo. (Figura 2.4)

Trilla. Es la separación de los granos de la espiga. (Figura 2.5)

Limpieza. Se realiza con la ayuda del viento. En esta etapa se separan los granos quebrados de los enteros (53).

Siega

La cosecha incluye la siega, como primera operación. Está consiste en el corte de los tallos. Esta operación se puede efectuar poco después de que la planta se considera morfológicamente madura porque, en este momento, los granos no necesitan de la alimentación por las raíces. En general, la siega empieza cuando los granos tienen una humedad de alrededor del 40% (53).

La "siega" o corte del trigo a mano, se hace con echona (hoz), es una operación en la que sólo debería emplearse en superficies pequeñas o terrenos accidentados donde no es posible la entrada de la máquina como colinas o terrenos con mucha pendiente, en todo caso, esta faena debe hacerse en el menor tiempo posible para evitar pérdidas desgrane, por daño de pájaros y por inclemencias climáticas. A medida que se va segando el trigo, se van haciendo atados o "gavillas" que van quedando paradas en el terreno mismo.

Para la siega se pueden utilizar:

- 1) Herramientas: la siega se hace a mano se utilizan guadañas u hoces de diferentes formas y tamaños (figura 2.2)
- 2) Segadoras hileradoras: estas máquinas se emplean principalmente cuando el cultivo contiene muchas malezas verdes y cuando existe excesiva humedad en la época de cosecha.
- 3) Cosechadoras combinadas de granos. Estas máquinas cortan, trillan y limpian en una sola operación.

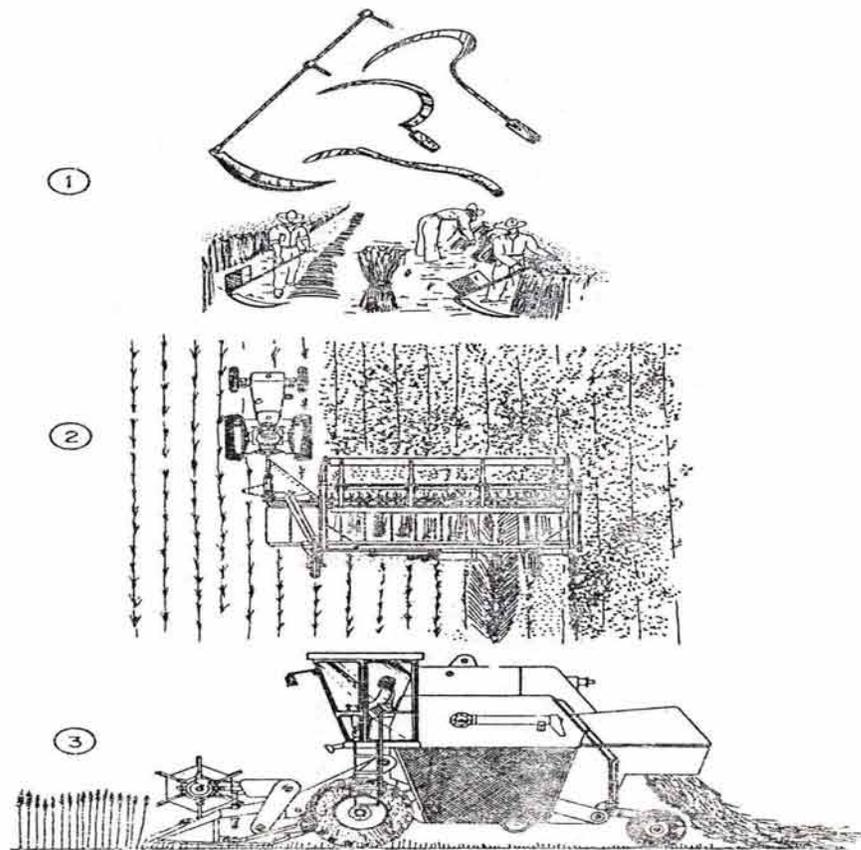


Figura 2.2 Sistemas de cosecha para la siega.

La segunda operación es el agavillado, que consiste en colocar los atados de las mieses⁵ en forma tal que los granos empiecen a posmadurar y perder humedad. Esta operación puede hacerse inmediatamente después de la siega, se acomodan de 6 a 40 gavillas en una hacina para proteger los granos de las inclemencias del tiempo y propiciar la desecación de los granos por la acción del sol y el viento. (53)

Las hacinas pueden hacerse como sigue (Figura 2.3)

- 1) En hileras. Después de la siega se atan los tallos a las gavillas. Estas se colocan horizontalmente a lo largo de la parcela.

⁵ Mies: cereal maduro

- 2) Forma de hacina en regiones con lluvia durante la temporada de cosecha. La superficie expuesta a la lluvia es mínima. Este sistema requiere más mano de obra. Los granos se secan más lentamente, por que hay menos movimiento de aire en su interior. Los rayos solares tampoco penetran lo suficiente.
- 3) Sistema de hacinas que se realizan en regiones donde llueve durante la cosecha. Esta forma no se recomienda en regiones lluviosas. Si los granos se mojan en el campo, empezarán a germinar antes de la trilla. Esto también se conoce como desecación.
- 4) Desecación en caballetes con la espiga hacia abajo. (figura 2.4)

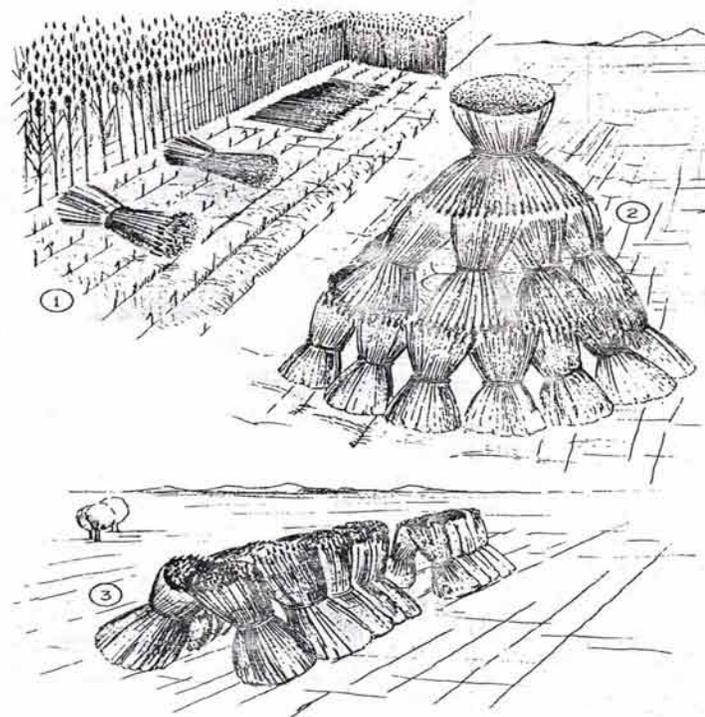


Figura 2.3 Sistema de hacinas.

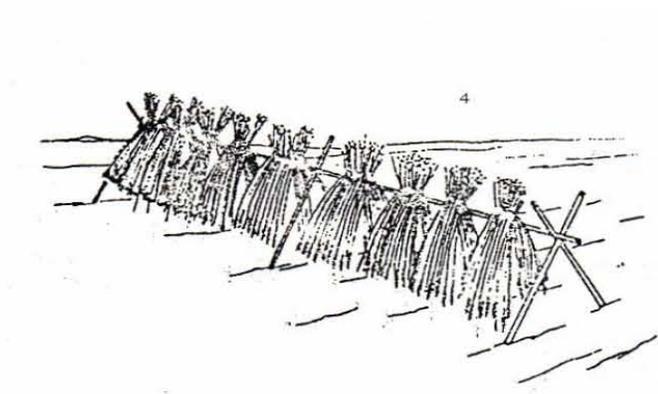


Figura 2.4 Dsecación en caballetes.

Trilla

La trilla es la operación esencial en la cosecha, es la separación de la semilla de la planta madre o del fruto. Aunque los detalles de la operación de la trilla varía de cultivo a cultivo. Las plantas y frutos secos se rompen para que suelten las semillas, las cuales caen bajo una criba y son colectadas. Los cambios de la habilidad de la trilla correctos rápidamente así como la eficiencia de trillado con un mínimo daño a las semillas requieren de habilidad y experiencia. (29)

Cuando la humedad de los granos ha bajado a 28% aproximadamente, se puede empezar su trilla, porque en este momento los granos se desprenden mecánicamente de la paja. Pero en general, se espera hasta que los granos más jóvenes tengan de 12 a 17% de humedad. Los granos más jóvenes se encuentran en la base y el ápice de la inflorescencia (53).



Figura 2.5 Trilla

Si después de la madurez fisiológica, las condiciones climáticas son de alta humedad relativa, con lluvias frecuentes, incidencia de insectos, pájaros, roedores y otras plagas, y si además se están cultivando variedades susceptibles a estos factores, las pérdidas que se presentan en esta etapa pueden ser de gran consideración.

2.2.2 Cosecha mecanizada.

Actualmente son muchos los modelos y marcas de cosechadoras de cereales que existen en el mercado, compuestas generalmente por elementos muy similares, que varían poco de un fabricante a otro.



Figura 2.6 Máquina cosechadora moderna.

Entre los cultivos que se recogen con este tipo de maquinaria destacan los cereales trigo, cebada, avena, centeno, maíz, sorgo, arroz, etc. Destaca la aparición de cosechadoras que adaptan su plataforma de corte a las irregularidades y desniveles del terreno, la instalación de un sistema inversor en el sinfín que elimina los atascos de material a la entrada del alimentador, los sistemas de nivelación automática de la cosechadora cuando se encuentra trabajando en laderas inclinadas, los sistemas de limpia de cilindros de flujo axial, así como la instalación de todo tipo de sensores de control y mandos de accionamiento que facilitan y hacen más cómoda la tarea del operario.

La máquina cosechadora de granos, siega, trilla, separa y limpia el cereal y lo almacena en su tolva. Cambiando el cabezal recolector, se ajusta a distintos cereales y oleaginosas. Su aparición y desarrollo ha sido un paso espectacular en la mecanización agrícola mundial. La labor de cosecha es la labor culminante de la agricultura y la de mayor satisfacción para el agricultor.

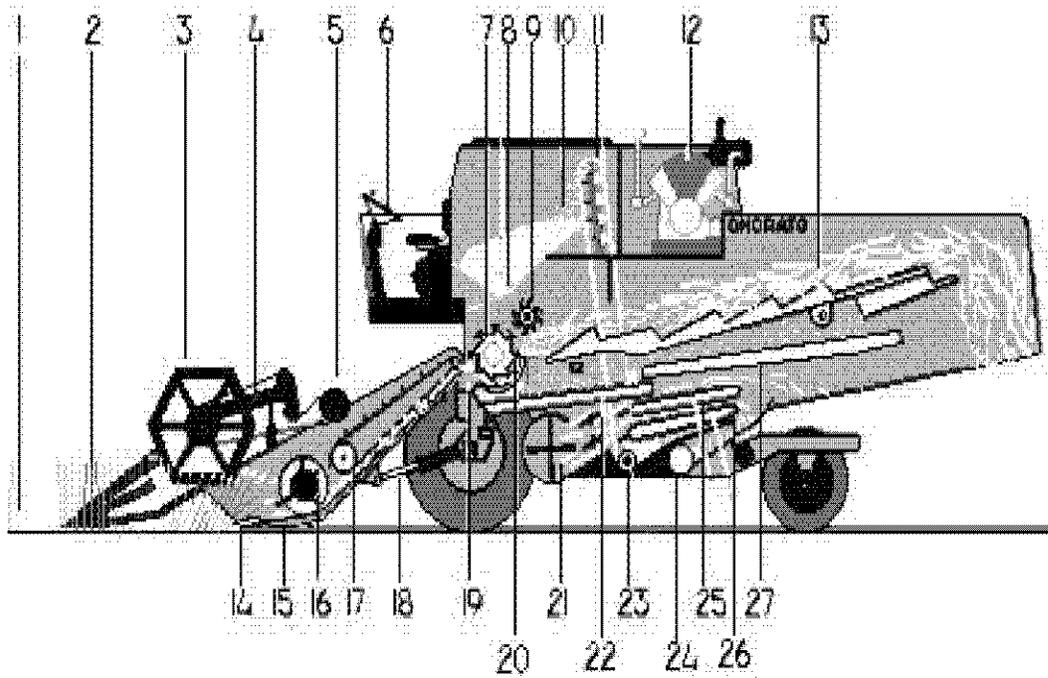


Figura 2.7 Partes de una Máquina Cosechadora.

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. Cultivo | 14. Barra de corte |
| 2. Separador | 15. Patín |
| 3. Molinete | 16. Sinfín del cabezal |
| 4. Mecanismo de regulación de posición | 17. Acarreador |
| 5. Regulación de velocidad del molinete | 18. Cilindro hidráulico del cabezal |
| 6. Volante y puesto de conducción | 19. Colector de piedras |
| 7. Cilindro trillador | 20. Cóncavo |
| 8. Sinfín vaciado de tolva | 21. Ventilador |
| 9. Batidor despajador | 22. Bandeja de grano del cóncavo |
| 10. Tolva de granos | 23. Elevador de granos a tolva |
| 11. Elevador a cangilones | 24. Elevador de granos a retrilla |
| 12. Motor | 25. Cribas superior |
| 13. Sacapajas | 26. Criba inferior |
| | 27. Bandeja de granos del sacapajas |

Tras conocer de forma general el funcionamiento de una cosechadora, a continuación se describirán los componentes fundamentales que intervienen en el proceso. Normalmente en una cosechadora se distinguen tres partes o mecanismos fundamentales: *el mecanismo de siega, el de trilla y el de separación y limpia.*

1) Mecanismo de siega.

La siega del cereal tiene lugar en la plataforma de corte, que está compuesta por los siguientes elementos y dispositivos:

Tabla 2.1 Mecanismo de siega.

Parte de la cosechadora	Función
Barra de corte	Es la encargada de cortar la mies. El corte se produce al ser atrapadas las plantas. La capacidad de trabajo de una cosechadora viene determinada teóricamente por la anchura de la barra de corte.
Molinete	Tiene la misión de acercar la mies hacia la barra de corte para, una vez segada, empujarla sobre el sinfín alimentador, evitando que pueda caerse por delante de la barra. Es una especie de jaula metálica, que gira alrededor de un eje central formada por una serie de dedos. Estos dedos deben ser verticales para que estén paralelos al vegetal que se quiere cortar, de esta forma se consigue mejorar la eficiencia del sistema de trilla y disminuir las pérdidas de grano.
Tornillo de Arquímedes	El órgano de alimentación consiste en un tornillo sinfín alimentador cuya misión es la de canalizar toda la mies segada por la barra de corte hacia el centro de la plataforma de corte donde es recogida por los dedos retractiles y empujada sobre la banda elevadora.

López B.L (1991)

2) Mecanismo de trilla.

En la trilla se separa el grano de las espigas y de la paja y, para obtener máximos rendimientos de semilla es necesario que el proceso de la trilla sea relativamente rápido, tal que se obtenga alrededor del 90% de rendimiento.

Se compone de dos elementos: uno fijo, el cóncavo, y otro giratorio, el cilindro desgranador. La velocidad de giro de este último debe ser regulada en función del estado

de la cosecha y su grado de humedad. Una velocidad baja provocará atascos y dejará granos sin trillar, mientras que una velocidad excesiva provocará una trilla muy enérgica y rotura del grano. Por otro lado, a mayor grado de humedad de la cosecha mayor debe ser la velocidad del cilindro. La separación entre el cilindro y el cóncavo debe regularse delante y detrás, siendo mayor a la entrada de la mies que a la salida. Una separación excesiva provocará mal desgranado de las espigas, mientras que una separación insuficiente producirá atascos, excesos de paja fina y rotura de grano. En la tabla 2.2 se resume la función de cada parte (36)

Tabla 2.2 Mecanismo de trilla.

Parte de la cosechadora	Función
Cóncavo	Elemento fijo, que separa los granos. Es donde realmente se produce la trilla
Cilindro desgranador:	Elemento giratorio. Separar el grano de las espigas. Es donde realmente se produce la trilla
Cilindro desgranador de dientes	En él se tritura toda la planta. La separación entre los dedos ha de ser la idónea para que no se rompan los granos y viene determinada en función del tamaño medio de los mismos.
Cilindro desgranador de barras	Los cilindros de barras producen menos ruido y mejoran la eficacia de la trilla para las mismas condiciones de trabajo que los cilindros de dedos.

López B.L (1991)

3) Mecanismo de separación y limpia.

Las funciones que realiza el sistema de limpia de una cosechadora son:

- La separación del grano de la paja.
- La limpieza del grano o separación del tamo, envolturas de polvo y semillas extrañas.

Los órganos de separación y limpia de una cosechadora convencional son:

Tabla 2.3 Mecanismo de separación y limpia.

Parte Cosechadora	Función
Sacudidores	Consiste en una criba única o conjunto de Cribas con amplios agujeros y con movimiento de vaivén, que sirve para separar el resto del grano (10%) que queda entre la paja. Están formados por un conjunto de rejillas calibradas que permiten el paso del grano y de la paja corta.
Caja de limpia	Este sistema de limpieza está formado por una o varias cribas, con un movimiento oscilante para separar el grano de la paja corta y del tamo, que son arrastrados por la corriente del ventilador.

López B.L (1991)

Debajo de las cribas existe un ventilador que genera una corriente de aire que separa las partículas más pesadas (grano) de las más ligeras (tamo, impurezas o materia extraña). También se encuentra un tornillo sinfín que sirve para recoger los trozos de espiga sin desgranar que puedan caer desde el final de los sacudidores y Cribas. Mediante los canales de retorno estas espigas se incorporan de nuevo al cilindro desgranador para ser trilladas. El grano ya separado se almacena en una tolva.

Los primeros granos desprendidos caen sobre la parte anterior de las cribas, más cercana al cóncavo debajo del cilindro desgranador, que está formada por una bandeja de orificios, llamada bandeja de grano. Las diferentes cribas están dotadas de una pendiente para facilitar la caída del grano, y van colocadas en tandas (una superior y otra inferior). La criba superior elimina los restos de paja y la inferior deja el grano limpio.

Control de pérdidas con monitor de rendimiento por medio del flujo de granos (t/h)

Las cosechadoras poseen un nivel de eficiencia de trabajo (trilla, separación y limpieza), en cada cultivo que depende directamente de la capacidad de alimentación (t/h) y procesado de grano. Si el operario toma la precaución de evaluar ese límite de capacidad de procesamiento de la cosechadora (t/h/niveles de pérdida para el cultivo cosechado), puede regular la velocidad de trabajo mediante el uso del monitor de rendimiento. Con esa

información el operario podría avanzar más rápido en los lugares de menor rendimiento del cultivo y más lento en los lugares de mayor rendimiento, manteniendo constante el flujo de alimentación de grano de acuerdo a la capacidad ideal de la cosechadora (6)

Monitor de rendimiento

El monitor de rendimiento para poder calcular el rendimiento debe poseer una serie de sensores que van instalados en la cosechadora, y su objetivo es medir y grabar el rendimiento y la humedad del grano a medida que se cosecha el cultivo. Si a su vez se le adiciona un GPS podemos obtener los datos de rendimiento o lo que llamamos **mapa de rendimiento**.

Los datos necesarios para el cálculo del rendimiento son:

1. Flujo de grano por unidad de tiempo.
2. Humedad del grano.
3. Velocidad de avance de la cosechadora.
4. Ancho de corte del cabezal.
5. Señal GPS si queremos obtener los datos para hacer el mapa de rendimiento.

Los mapas de rendimiento permiten cuantificar la variabilidad de rendimiento existente durante la cosecha de un cultivo dentro del lote. Los tipos de variabilidad que pueden presentarse son: la variabilidad natural e inducida. Natural cuando depende del clima, el suelo (génesis del suelo y propiedades físicas y químicas), del relieve, etc. y Variabilidad Inducida se refiere al manejo (historia del lote, insumos agregados, prácticas culturales, etc.).

El sensor de humedad también puede usarse para evitar problemas puntuales de humedad del grano durante el almacenaje, Ej.: maíz en bolsa con 16% de humedad máxima, y si por error o falta de información una tolva de maíz supera el 19% de humedad debido a que algún lugar del lote está más verde el cultivo o que se está cosechando a horarios inapropiados, se puede arruinar toda una partida. Con este sensor, monitor y una

estrategia de comunicación podemos estar evitando estos problemas en el almacenaje de granos (6)

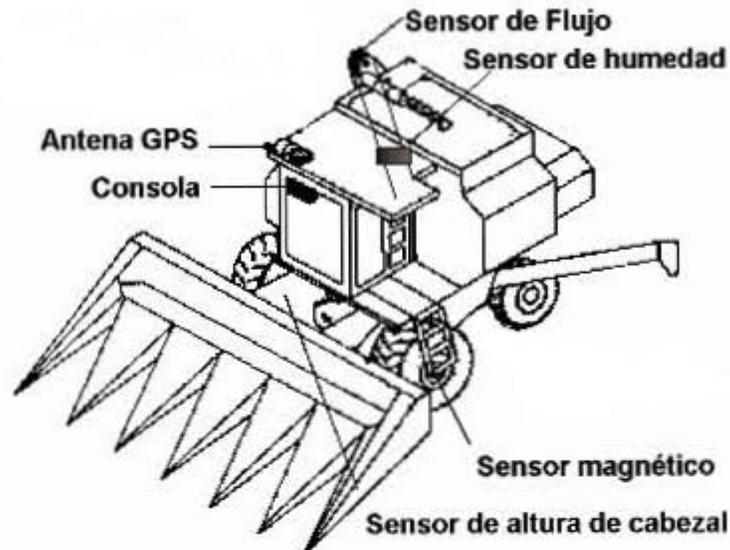


Figura 2.8. Representación esquemática de los componentes de un monitor de rendimiento.

2.3. Pérdidas de Grano.

1) Cosecha

Durante la recolección pueden producirse unas pérdidas de grano que dependen generalmente de:

- Las condiciones atmosféricas en el momento de la cosecha. Si existe viento, puede que las espigas no entren a la cosechadora o que se desprendan de la plataforma de corte.
- Humedad del grano. Los granos con elevada humedad pueden sufrir daños en la recolección ya que no tienen la dureza exigida, por lo que las pérdidas serán mayores.

- Mala regulación de la máquina y diseño de cada uno de los elementos que la componen.
- Condiciones de cosecha, acondicionamiento y manipulación: Existen variables previas a la cosecha que afectan la poscosecha, ejemplo: Control de malezas, condiciones climáticas, momento de llenado del grano, etc. (20)

2) En las cosechadoras,

Antes de la recolección, por dehiscencia natural de las espigas.

- En la plataforma de corte y en el molinete.
- En el cilindro desgranador y cóncavo; el grano se parte, no se trilla suficiente.
- En los sacudidores: el grano se pierde con la paja.
- En las cribas: el grano se pierde con el tamo.

Las pérdidas totales de grano oscilan entre el 2-6%, pudiendo llegar al 10%. Para evitarlo es conveniente regular la máquina adecuadamente, para lo que se realizan numerosos ensayos empíricos para obtener resultados precisos.

3) Porcentajes de pérdidas.

En la tabla 2.4 se muestran los porcentajes de pérdidas del grano durante la cosecha y poscosecha.

Tabla 2.4 Pérdidas normales del grano durante la cosecha y poscosecha.

Proceso	Peso del grano	% de pérdida que entra	Peso del grano que sale.
Cosecha	100	1-3	97-99
Manejo en el campo	97-99	2-7	90.2-97.0
Trilla	90.2-97.0	2-6	84.8-95.1
Desecación dentro y fuera de la granja	84.8-95.1	1-5	80.6-94.1
Almacenaje y transporte	80.6-94.1	2-6	75.7-92.2
Molienda	75.7-92.2	2-10	68.2-90.4

Dendy D.A.V. (2001)

Daños y repercusiones.

En la cosecha, en el acondicionamiento y en la manipulación se suele tratar agresivamente el grano provocando daños mecánicos que afectan la conservación, por lo tanto debemos tratar de hacer el mínimo daño ya que si no los granos se verán afectados:

- 1- Respirarán más intensamente.
- 2- Captarán con mayor facilidad la humedad del medio.
- 3- Se facilitará el desarrollo de los microorganismos y los insectos.

Para evitar daños en la cosecha especialmente con las máquinas, es importante tener en cuenta:

- 1- La velocidad del cilindro.
- 2- La luz entre el cilindro y el cóncavo.
- 3- La velocidad de corte
- 4- La velocidad del molinete.

Otro daño mecánico que se produce en los granos es en la manipulación como consecuencia de la utilización de elementos de transporte no adecuadas como por ejemplo: tornillos sinfín, redler, cintas transportadoras, transporte a canjilones, conductos de gravedad. (21)

2.4 Importancia de la cosecha en el acondicionamiento.

En la cosecha tiene importancia la latencia de las semillas ya que cuando se cosecha antes de tiempo ocasiona una disminución en la germinación. La latencia es una cualidad apreciable que impide que germine durante la recolección. (34)

La importancia de este atributo de las semillas para la sobre vivencia de los especies, ya que les permite germinar en el lugar y en el momento adecuado. Para evitar la germinación prematura, la semilla reduce el contenido de humedad y forma en ocasiones

cubiertas duras o bien aumenta su contenido de inhibidores. También, cabe señalar que la latencia de la semilla habilita a la planta a sobrevivir condiciones peligrosas en la etapa resistente de semilla. Es necesario algún tipo de latencia residual en la planta, ya que sin la latencia, el embrión de la semilla continuaría creciendo y germinando en el campo. (43)

La latencia y la post-maduración son dos problemas importantes asociados con el malteado. La verdadera latencia definida como semillas sanas que no germinan, evita el malteado. Dicho simplemente el malteado es la germinación controlada de la semilla. La meta es producir alta actividad enzimática y el sabor característico, con la pérdida mínima de peso seco. El grano seleccionado para maltear debe estar sano, tener alto poder germinativo y estar libre de pajas, granos rotos y relativamente libres de mohos (31).

La preparación de la malta se logra por germinación de la cebada. Tan sólo los granos de cebada madura, ricos en almidón, pobres en nitrógeno dan una malta apropiada. La germinación sólo se puede producir, después de un periodo de inactividad, por lo que es necesario que la cebada haya sufrido una maduración (11).

La post-maduración, es el término aplicado para describir las variaciones bioquímicas que se producen en la semilla, después de que ha madurado y sido cosechada. Ya que la semilla, aún cuando solamente contiene 12% de humedad, está viviendo, y todavía presenta alteraciones bioquímicas. La cebada que se maltea muy pronto después de la recolección produce mosto⁶ deficiente (caracterizado por menos cantidad de extracto soluble, menos proteína soluble y aspecto nebuloso. La cebada que se ha dejado envejecer durante tres meses después de la recolección, no produce malta con esos defectos. En la práctica, no se maltea cebada de cosecha reciente, mientras no haya transcurrido, por lo menos tres meses.

La post-maduración, no se restringe a la cebada, sino parecer un fenómeno no generalizado entre los cereales (31).

⁶ Mosto: Zumo de uva o de la manzana antes de fermentar

Cuando existe una cosecha tardía, los granos pierden peso lo que ocasiona granos pequeños y una menor cantidad en materia seca lo cual influye en el rendimiento de las harinas. El trigo más germinado no es alto para moler.

El atemperado o acondicionamiento consiste en añadir agua al grano seco y dejarle reposar durante un periodo de tiempo antes de molerlo. El objetivo del atemperado es ablandar el endospermo para facilitar la molturación. Aquí el factor importante es la madurez del grano ya que si contamos con granos duros variara el tiempo que agua penetre al grano y requerirá tiempos más largos para el atemperado (31).

Para la panificación de un cereal es necesario que contenga suficiente cantidad y calidad de la proteína y que también recibe el nombre de gluten. Está es la razón por la que una dotación tardía de abonos nitrogenados en el cultivo es tan importante porque favorece la formación del gluten en el grano cuando este se halla en la última fase de su desarrollo (36).

Capítulo 3 Limpieza.

3.1 Materia extraña.

Los granos y cereales cosechados manual o mecánicamente siempre contienen materia extraña. Para la conservación de los granos durante el almacenamiento es necesario considerar dos aspectos importantes; uno de ellos es el hecho de que la presencia de materia extraña hace más difícil la conservación de los granos, y el otro se refiere a la dificultad que presentan para la buena operación de las unidades almacenadoras. El exceso de materia extraña influye en forma negativa en la conservación de los productos almacenados, porque normalmente son higroscópicas y tienden a humedecer los granos, además de ser un medio favorable para el desarrollo de insectos y microorganismos. Con respecto a la operación de las unidades almacenadoras, la materia extraña afecta el rendimiento de las secadoras, dificultan el movimiento de los granos y crean una barrera para el paso del aire de secado. La materia extraña constituye un riesgo de incendio cuando quedan depositadas en el interior de las secadoras, ya que pueden entrar fácilmente en combustión.

En el caso de la aireación y el control de los insectos, éstas son perjudiciales porque ocupan los espacios intergranulares, dificultando el movimiento del aire. En consecuencia, se puede concluir que un alto contenido de materia extraña disminuye la eficiencia de las secadoras, dificulta la aireación de los productos almacenados y reduce la eficacia de los insecticidas y fumigantes.

La materia extraña que normalmente se encuentran en los productos agrícolas, por lo general son fragmentos provenientes de la propia planta, como rastrojos, hojas, trozos de granos, ramas, pajas, semillas silvestres, parte de otras plantas, además de terrones, arena, piedras, así como pelos de roedor, insectos muertos, suciedad (Figura 3.1). La materia extraña presente en los productos agrícolas es consecuencia del descuido durante el cultivo, principalmente en el control de malezas, y de los métodos utilizados para la cosecha. Con un poco de cuidado durante la cosecha es posible evitar el corte de partes innecesarias de la planta, lo que disminuye la cantidad de materia extraña en el producto cosechado. Cuando la cosecha es mecanizada, es necesaria regular bien la cosechadora para obtener un producto más limpio (57).

La materia extraña esta definida como: **Materia extraña**, el material orgánico o inorgánico, ligero o pesado, cuya presencia en el producto no es deseable y que por arriba de un límite máximo se estima contaminante, considerándose entre otros: excretas, pelos de cualquier especie, fragmentos de insectos, material plástico y otros objetos (48)

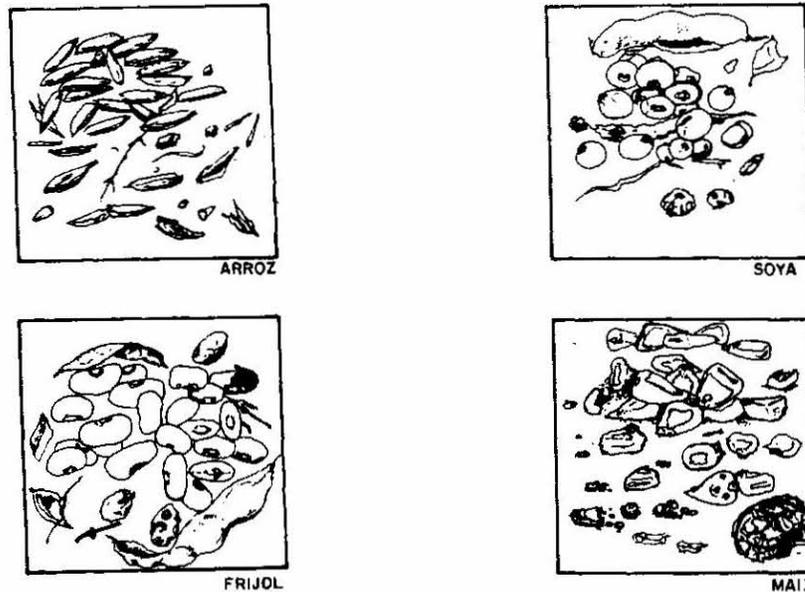


Figura 3.1. Materia extraña de los granos.

NOM 027 y 029 SSA 1993. Materia extraña, aquella sustancia, resto, desecho orgánico o no, que se presenta en el producto sea por contaminación o por manejo poco higiénico del mismo durante su elaboración, considerándose entre otros: excretas y pelos de cualquier especie, fragmentos de hueso e insectos, que resultan perjudiciales para la salud.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria SENASICA-SAGARPA

GLOSARIO DE TÉRMINOS: Materia extraña: Cualquier material orgánico o inorgánico que no pertenezca al alimento y que se encuentra presente en el producto por contaminación o por manejo no higiénico del mismo durante el proceso de producción (48)

Limite de materia extraña en los granos

Por lo general, tiene su norma que establece los porcentajes máximos de materia extraña para cada producto. Estas normas generalmente siguen las recomendaciones básicas que rigen las leyes del comercio internacional para la clasificación de granos y semillas (Tabla 3.1) (57).

Tabla 3.1 Contenido máximo de materia extraña permitidas de acuerdo con el tipo de grano.

Tipos	Arroz con cáscara		Frijol		Maíz		Soja		Sorgo		Trigo	
	H %	I%	H%	I%	H%	I%	H%	I%	H%	I%	H%	I%
1	13	0,50	15	0,50	14,5	1,50	14	1,00	14	1,00	14	0,00
2	13	0,75	15	1,00	14,5	2,00	14	1,50	14	2,00	14	1,00
3	13	1,00	15	1,50	14,5	3,00	14	3,00	14	4,00	14	1,50
4	13	1,25	15	2 00	-	-	14	6,00	-	-	-	-
5	13	1,50	15	3 00	-	-	-	-	-	-	-	-
6	13	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	13	2,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

H= Contenido de humedad base húmeda.

Teixeira M.M. (1993)

I = Contenido de materia extraña

Tabla 3.2 Límites de materia extraña y granos dañados, rotos o quebrados en algunos cereales según Norma del Codex Alimentarius

CEREAL	MATERIA EXTRAÑA (% m/m máximo)	GRANOS DAÑADOS (% m/m máximo)
Avena	1.5-0.5	3-5
Arroz	1.5-0.1	12-4
Maíz	1.5-0.1	5-7
Sorgo	8.0-0.1	3-1

Codex Alimentarios (1995)

3.1.1 Métodos para determinar el contenido de materia extraña

La determinación del contenido de materia extraña de un producto se realiza a través de una muestra de granos. Las técnicas de muestreo que se utilizan para el análisis de granos son de naturaleza aleatoria, aún cuando el muestro de granos no es una técnica analítica, pero su realización es determinante para la obtención de resultados veraces, por constituir básicamente una técnica de preparación de la muestra representativa (44).

La determinación del contenido de materia extraña es importante porque proporciona información sobre las condiciones para el almacenamiento del producto. Los métodos que se emplean pueden ser manuales o mecánicos.

1) Método manual

El método manual consiste en separar la materia extraña por medio de cernidores o cribas manuales; por lo general se utilizan dos cernidores, uno sobre el otro. Los orificios del primer cernidor deben ser de un tamaño que permita el paso del producto y que no deje pasar la materia extraña mayores. Los orificios del segundo cernidor deben retener los granos y debe dejar pasar la materia extraña menor (57).

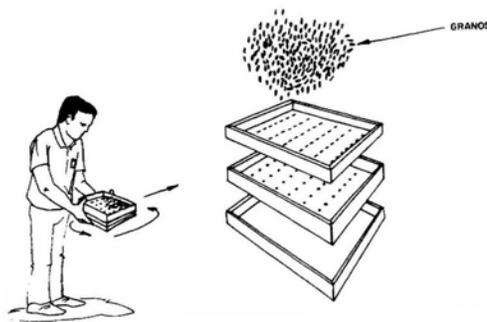


Figura 3.2 Método manual

Para determinar el contenido de materia extraña por este método se procede de la siguiente manera.

- Tomar una muestra, de 500 g de peso.
- Se limpia el producto utilizando el juego de cribas adecuadas, mediante un movimiento de vaivén.
- Se pesa la totalidad de las
- Se determina el valor porcentual de la materia extraña presente en el producto, como aparece en el siguiente ejemplo (57).

Ecuación 1.

$$\% \text{ mp} = \frac{\text{Pmp} \times 100}{\text{PM}}$$

% mp = Porcentaje de materia extraña

Pmp = Peso de materia extraña (=) g

PM = Peso de la muestra (=) g

2) Método mecánico

El método mecánico para la determinación de materia extraña consiste en pasar una muestra del producto por una pequeña máquina de limpieza. Esta máquina separa la materia extraña más liviana utilizando una corriente de aire y usa un juego de cribas para retirar las más pesadas. Por tratarse de un método mecánico, evita los errores que puedan ser cometidos por el operador y realiza una mejor separación de materia extraña del producto. Para determinar el contenido de materia extraña por este método se procede de acuerdo con los siguientes pasos.

- Pesar una muestra de 500 g.
- Escoger una criba de acuerdo con el producto.
- Regular la velocidad del aire para la separación de las impurezas livianas.
- Encender la máquina colocando la muestra en el depósito y el agitador.
- Pesar la materia extraña contenidas en el cajón.
- Determinar el porcentaje de materia extraña presentes en el producto por medio de la ecuación 1 (57).

3.2 Principios básicos de la separación.

La separación de la materia extraña de los granos se basa en las diferencias que existen entre las propiedades físicas de los mismos y la materia extraña. Cuando estas propiedades son similares o idénticas, la separación se torna difícil, como por ejemplo, cuando las piedras tienen el mismo tamaño que el grano que se está limpiando. En este caso, siempre que sea posible, la separación debe basarse en la propiedad cuya diferencia

sea más pronunciada. Las máquinas de limpieza realizan la separación en función de tres características básicas: tamaño, forma y velocidad terminal. Las características de tamaño y forma de un producto interactúan durante el proceso de separación, por lo que es muy importante definir correctamente estas características. (57)

1) Velocidad terminal (o resistencia al aire)

La velocidad terminal es una propiedad física muy utilizada en la separación de materia extraña de un producto. Si el producto es sometido a una corriente de aire ascendente y comienza a flotar, la velocidad de la corriente de aire en equilibrio con las fuerzas del producto se conoce como "velocidad terminal" de ese producto. Si la velocidad del aire aumenta o disminuye, el producto tenderá a desplazarse.

Las máquinas de limpieza que utilizan la velocidad terminal para la separación de materia extraña, someten al producto a una corriente de aire que tiene una velocidad menor que la velocidad terminal de los granos, por lo que la materia extraña más livianas (como pajas y polvo) son impulsadas por la corriente de aire, facilitando su separación (Figura 3.3).

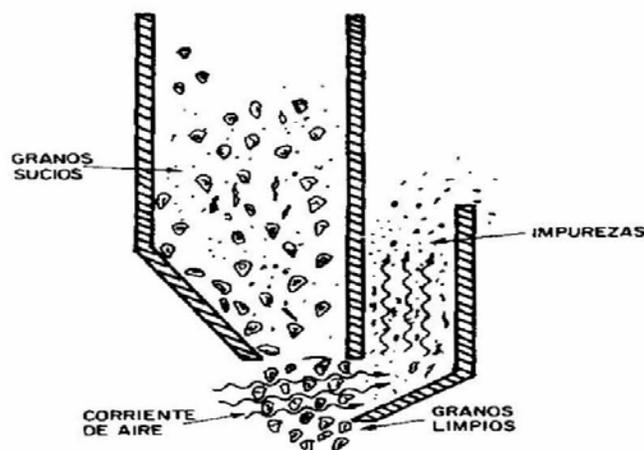


Figura 3.3 Separación por medio de aire.

En las máquinas de limpieza, el ventilador aspira el aire, formando una corriente que al pasar por una capa delgada de granos elimina las impurezas más livianas y deja las más pesadas; éstas son separadas después por medio de mallas o cribas. En las máquinas de limpieza más eficientes, se utiliza además una segunda aspiración de la materia extraña después de que los granos han pasado por las cribas, con la finalidad de lograr una limpieza más completa.

2) Tamaño

Los granos tienen tres dimensiones: largo, ancho y espesor. En las máquinas de limpieza, para realizar la separación se utilizan únicamente las dimensiones de largo y espesor (figura. 3.4).

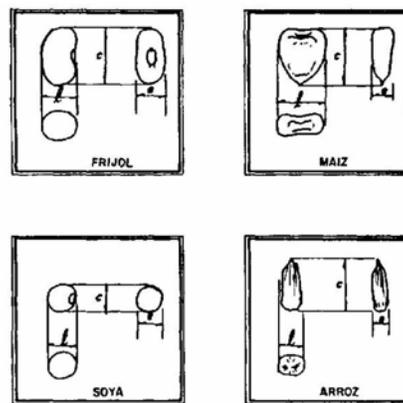


Figura 3.4. Separación de granos por largo y espesor.

- **Separación en función del ancho:** Para separar los granos de un mismo ancho se puede utilizar una criba de orificios redondos, considerando que los granos tienen el mismo largo y espesor (figura 3.5).



Figura 3.5. Separación de granos en función de ancho.

- **Separación en función del espesor.** Los granos que poseen espesores diferentes pueden ser separados con una malla de orificios alargados u oblongos, si tienen el mismo largo y ancho (figura 3.6).



Figura 3.6. Separación de granos en función de grosor.

- **Separación en función de la longitud.** Los materiales o granos que poseen idéntico ancho y grosor pero diferentes longitudes, pueden separarse mediante el uso de un separador de disco o cilindro con muescas⁸; la función de estas máquinas escoger el grano o la materia extraña de las semillas en las muescas y depositarlos bien en canales entre los discos o en la bandeja dentro del cilindro. La palabra longitud no sólo se aplica a la longitud de un grano largo y delgado, tal como la avena, sino también al diámetro de semillas redondas grandes (54).

La capacidad de los discos clasificadores es algo mayor que la de los cilindros de igual tamaño, pero se estima que la selectividad de éstos es mayor. (34) Existen diferentes tipos de separadores de discos y cilindros

Separador por longitud de discos Simon.

Este separador (Figura 3.7) tienen un cierto número de discos de hierro fundido montados sobre un eje horizontal y que gira en la masa de los granos a 40-60 rpm. Los discos tienen por cada lado un gran número de melladuras que son de la misma forma que la semilla o grano que se va a separar. Las melladuras pueden separar el grano de otras semillas extrañas mayores o pueden escoger semillas extrañas más pequeñas que el mismo

⁸ Muecas: Hueco o entalladura en un objeto para encajar algo.

grano; por ejemplo cuando se limpia trigo, un separador de discos escoge el trigo y rechaza la avena y la cebada, que son mayores, y mediante un segundo separador se recogen otras semillas más pequeñas dejando el trigo (54).

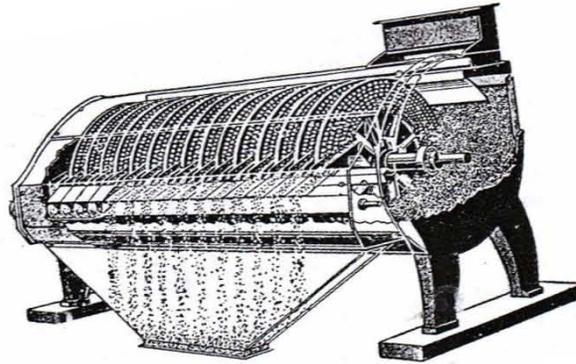


Figura 3.7 Separador de discos.

Cilindros con muescas (indentado)

Estos separadores de cilindros consisten en envueltas circulares de acero estampado o de zinc. Generalmente se usan ambos pero el zinc no se comporta mejor que el acero. Al girar el cilindro, el grano limpio o las impurezas, dependiendo del tamaño de las muescas, va a parar a una bandeja que contiene un transportador de sinfin (figura 3.8 a). La cantidad de materia elevada se ajusta bajando o subiendo la bandeja en el lado ascendente del cilindro (54).

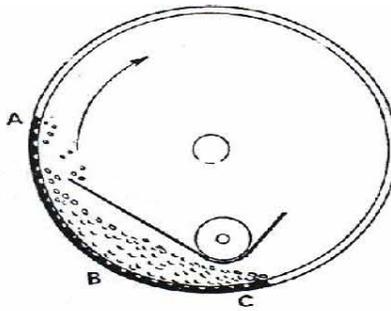


Fig 3.8a Acción de los cilindros

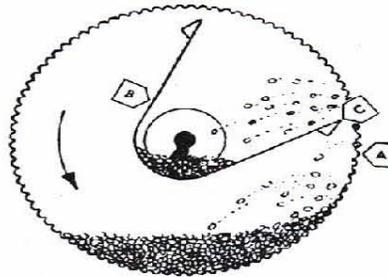


Fig. 3.8b Acción de los cilindros

Figura 3.8 Cilindro con muescas (indentado)

El cilindro Uni-flow Simon-Carter.

Esta máquina americana moderna se separa por longitud, que se distingue de los clasificadores de precisión Simon-Carter que separan por espesor y por anchura. Este cilindro puede usarse independientemente, y pueden disponerse unidades separadas en una variedad de combinaciones con un amplio rango de muescas. El diseño de la máquina se muestra en la figura 3.8b y lleva las siguientes características:

- Velocidad del cilindro ajustable entre 35 y 65 rpm.
- El cilindro puede invertirse o intercambiarse fácil cuando las muescas están gastadas o se requiere un tamaño diferente. Esto disminuye los costos de mantenimiento
- Puede acoplarse el alimentador de tornillos para lograr una alimentación uniforme.
- Está provisto de dispositivos de aspiración adecuada y limpieza rápida (54).

3) Forma

La separación por tamaño se lleva a cabo mediante separadores de limpieza de semillas especiales u otras máquinas dotadas alternativas o rotatorias. Los tamices son intercambiables y la separación se determina por el tamaño de las perforaciones de acuerdo con el tamaño de la semilla particular que se vaya a tratar. (54)

La elección del tipo de perforación de las mallas usadas como separadores en las máquinas de limpieza está relacionada con la forma del producto. De acuerdo con el tipo de granos y materia extraña, es necesario elegir una malla apropiada a la forma del producto que se pretende separar.

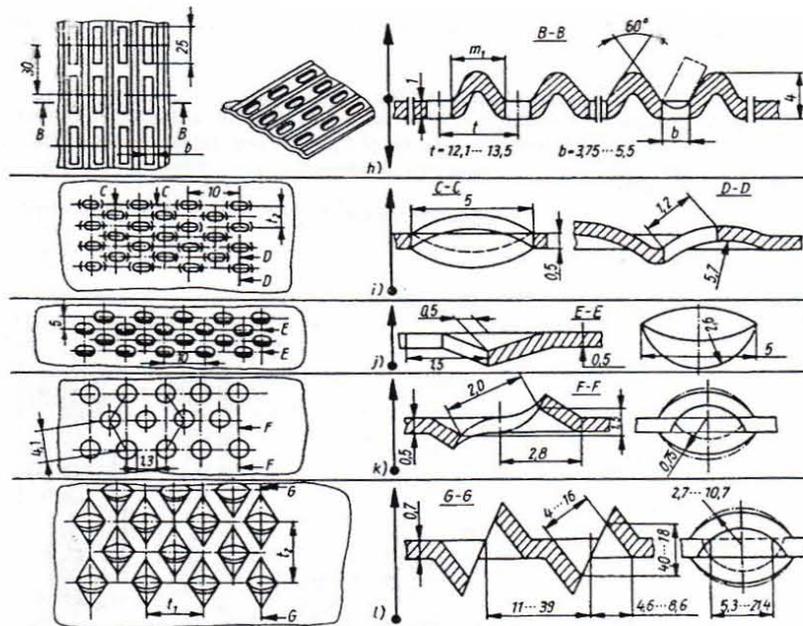


Figura 3.9 Diferentes tipos de cribas. h) Cribas de ranuras; i) Cribas de orificios ovales con bordes arqueados; k) Criba de orificios redondos con bordes arqueados; l) Criba de orificios con resaltes cónicos; (los vértices dirigen el movimiento de los granos sobre la criba)

3.3 Métodos de limpieza.

La limpieza de granos y cereales consiste en la eliminación total o parcial de la materia extraña, para facilitar su conservación durante el almacenamiento y para cumplir las normas sobre el contenido de materia extraña en el momento de la comercialización (57).

La limpieza de los productos agrícolas es una práctica adoptada hace miles de años y que poco ha cambiado desde entonces, pues en la actualidad se utilizan los mismos principios mecánicos. No obstante que las máquinas modernas permiten una buena limpieza de los productos, poseen un rendimiento bajo, lo que muchas veces limita la recepción de éstos en las grandes unidades de almacenamiento (57).

La limpieza tradicionalmente se hace con el aventado, utilizando las corrientes de aire naturales. La arena fina a veces queda en el grano y puede provocar desgastes en los equipos de descascarillado y molienda (17).

En el medio rural, los sistemas de limpieza son rudimentarios; por lo general, las impurezas se separan por medio del viento, utilizando cernidores manuales; ocasionalmente equipos más complejos, como máquinas con sistemas de aspiración de aire y juego de mallas o cribas. En las unidades almacenadoras o en las grandes propiedades agrícolas, donde se requiere limpiar grandes cantidades de granos, se utilizan máquinas de limpieza con sistemas de aspiración de aire y cribas. Estas máquinas tienen una alta capacidad para una eficiente limpieza, pero su operación es relativamente compleja (57).

3.3.1 Método Manual.

1) Limpieza mediante el viento. Uno de los métodos más simples y antiguos de limpieza de granos es aquél que utiliza el viento. Este método es muy utilizado en la actualidad por los pequeños productores rurales, que tienen un bajo poder adquisitivo. Este sistema consiste en levantar los granos a una determinada altura, dejándolos caer para que el viento separe las impurezas más livianas, como polvo, hojas, granos vacíos, etc. Este método de limpieza tiene el inconveniente de que no elimina las impurezas o materias extrañas más pesadas, como arena, piedras, terrones etc., que caen junto con los granos (figura 3.10) (57).



Figura 3.10 Método de limpieza por viento.



Figura 3.11 Método de limpieza con criba manual.

2) Limpieza con criba manual. Este método es el más utilizado por los pequeños agricultores. El método consiste en utilizar mallas o cribas manuales y realizar un movimiento hacia arriba con la criba, lanzando el producto al encuentro de la corriente de aire; el viento se encarga de eliminar la materia extraña más livianas. Enseguida se realiza un movimiento de vibración o vaivén de la criba, para propiciar que la materia extraña menor pasen por los orificios (figura 3.11).

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

países del mundo. En Brasil, actualmente la casi totalidad de la cosecha de café se limpia mediante las cribas manuales. La capacidad de limpieza con las cribas manuales es del orden de 120 a 180 kg por hora de trabajo. Tiene la desventaja de ser una operación de bajo rendimiento y de exigir gran esfuerzo físico y habilidad del operador. Por esta razón, la técnica es penosa y perjudicial para la salud, pues el trabajador permanece en constante contacto con la polución causada por el polvo (figura 3.12) (57).

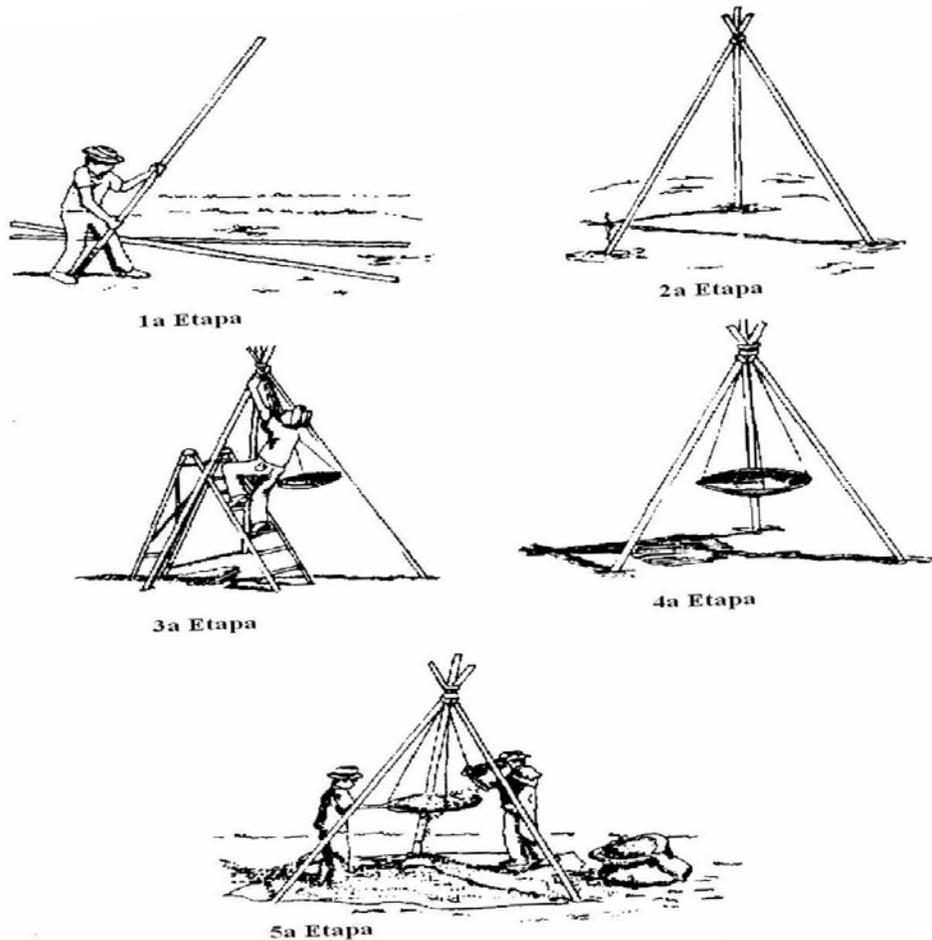


Figura 3.12 Limpieza con criba manual suspendida.

3.3.2 Método mecánico

El objetivo de la limpieza es la separación de la materia extraña adheridas a los granos y de los granos partidos y los mal desarrollados, aprovechando distintas propiedades de los granos y de los componentes extraños (Tabla 3.3), La materia extraña y suciedades

adheridas se reblandecen y eliminan mediante un pulido y/o un tratamiento húmedo (lavado). (30)

Tabla 3.3 Procesos de separación para la limpieza de cereales.

Tipo de proceso	Criterio de separación	Aparato/máquina	Objetivo del proceso
Cribado	Grosor y anchura del grano	Separador de cribas de distinto tipos	Separación de componentes muy grandes o muy pequeños de los granos de cereal
Clasificación	Velocidad de las partículas.	Clasificadora, generalmente en combinación con cribas.	Separación de componentes más lentos en caer (granzas, granos menudos y quebrados)
Separación magnética	Ferromagnetismo de las partículas.	Separador magnético	Separación de partículas férricas.
Selección conforme a la forma y tamaño	Forma y tamaño de las partículas	Clasificador de granos	Separación de semillas de malas hierbas y especies extrañas.
Separación	Densidad de las partículas	Separador de piedras secas.	Separación de piedras y partículas de igual grosor que los granos.
Pulido/descascarillado	Adherencia de componentes extraños a la superficie del grano.	Pulidora cilíndrica y descascarilladora	Separación de suciedad adherida y restos de cascarillas
Lavado	Capacidad de flotación, solubilidad	Máquina lavadora	Separación de suciedad y piedras.

Hort-Dieter Tscheuschner (2001)

Partes que componen los equipos de limpieza

El conocimiento de las partes que constituyen las máquinas de aire y cribas es importante para obtener un buen rendimiento. El operador que conoce la función de cada pieza tendrá más seguridad para corregir los defectos y los puntos más críticos que influyen en el perfecto funcionamiento del conjunto. El operador debe estar apto en cualquier momento para realizar las reparaciones de las máquinas cuando sea necesario, y para reponer las piezas dañadas correctamente y con rapidez. Los conocimientos, la buena voluntad y perspicacia del operador son muy importantes para permitir el perfecto funcionamiento de los equipos, sin que existan interrupciones durante su funcionamiento. En general, las máquinas de aire y cribas están constituidas básicamente por:

- un alimentador
- un sistema de ventilación
- un conjunto de cribas.

1) El alimentador.

Los alimentadores de las máquinas de limpieza tienen la finalidad de regular el flujo del producto que entra a la máquina y distribuirlo uniformemente sobre la criba. Existen varios modelos de alimentadores, que posibilitan una mayor precisión de la operación; sin embargo, los más complejos encarecen el costo de la máquina y pueden dificultar su operación y mantenimiento. Los alimentadores están compuestos generalmente por un depósito o caja que recibe el material, un registro para regular el flujo de los granos y un eje con aletas en el fondo del depósito para forzar el desplazamiento del material, lo que hace que éste caiga sobre la malla o criba. Algunos alimentadores poseen abajo del registro regulable del alimentador, en el tope de la criba superior, una bandeja de distribución con inclinación en sentido contrario a la criba, la que distribuye el producto sucio; esto aumenta el rendimiento de la máquina (figura 3.13) (57).

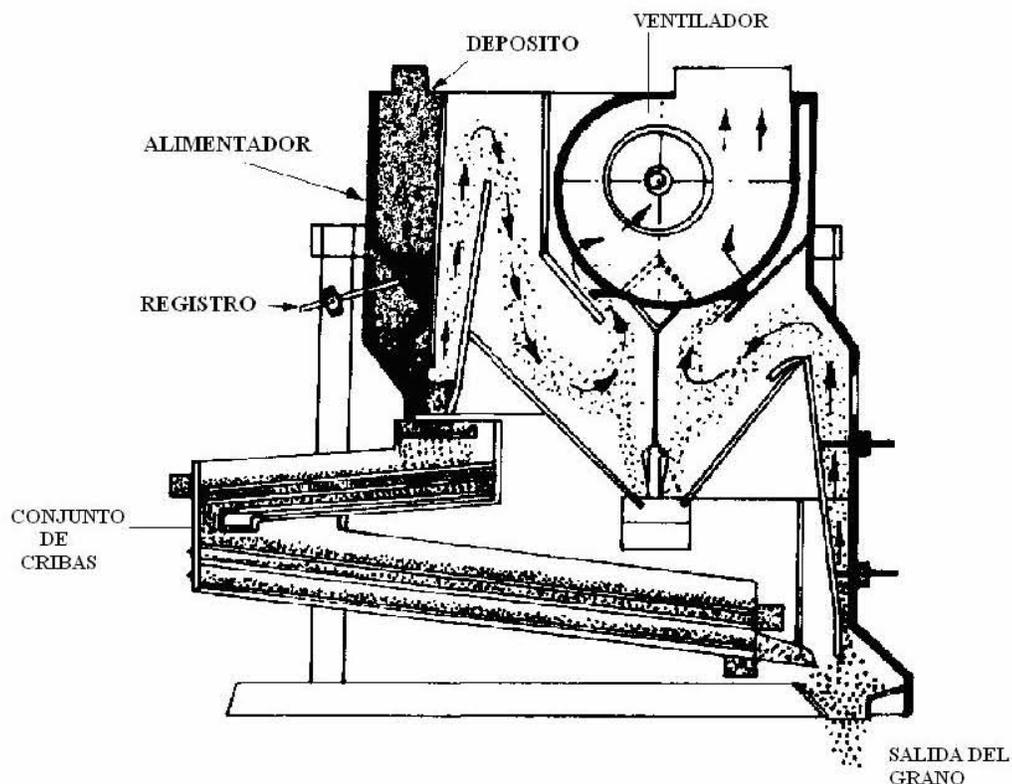


Figura 3.13 Esquema del alimentador de la máquina de limpieza de ventilador y cribas.

Los granos húmedos y sucios recién cosechados presentan serios problemas para la limpieza, pues atascan los alimentadores de las limpiadoras, disminuyendo considerablemente su capacidad de procesamiento; por ello es muy importante considerar cuidadosamente el diseño del alimentador y de la limpiadora en general cuando sea necesario trabajar con granos difíciles, como el arroz con cáscara, con un contenido de humedad superior al 22 % (57)

2) **El sistema de ventilación** es responsable de la eliminación de la materia extraña liviana presentes en los productos y ésta se realiza por la acción del aire que se genera en el interior de la máquina. Los sistemas de ventilación están formados básicamente por un ventilador, una cámara gravitacional y el ducto de succión de materia extraña (57)

Limpieza con ventilador.

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

Este sistema de limpieza sirve para eliminar materia extraña liviana, tales como polvo, hojas, tallos, ramillas, etc., y se recomienda para la limpieza de maíz, arroz y frijoles a nivel de pequeños productores. La limpieza se lleva a cabo haciendo pasar una corriente de aire por los granos; la materia extraña más livianas son lanzadas fuera de la máquina por la acción del aire del ventilador. Cuando el producto contiene mucha materia extraña pesada, como terrones y arena, no es posible con este método realizar una buena limpieza.

El ventilador está constituido por una caja con forma de caracol, en cuyo interior existe un rotor formado por un conjunto de paletas o aspas dispuestas en círculo, que al ser accionadas en forma manual o mecánica generan una corriente de aire. El producto se coloca en la tolva superior, que es un depósito en forma de "V", con una pequeña abertura

en la parte inferior, provista de una válvula o compuerta mediante la cual se regula la cantidad de producto que entra a la limpiadora. Al pasar el producto por la corriente de aire se separan la materia extraña liviana y cae el producto limpio en el colector (figura 3.14) (57)

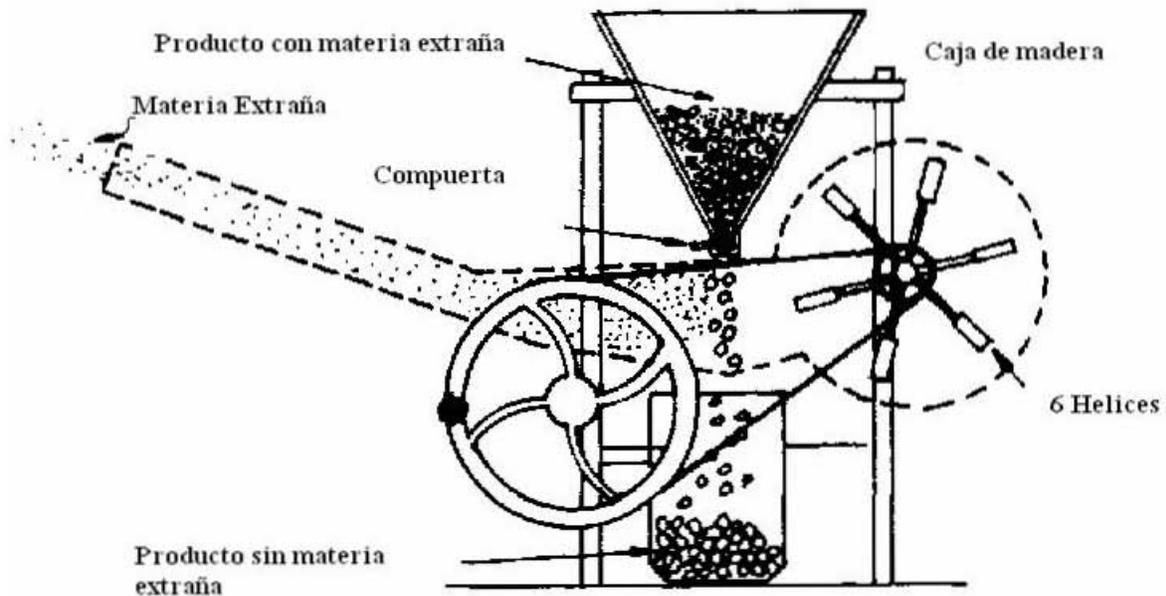


Figura 3.14 Equipo con ventilador para la limpieza de granos.

3) **El conjunto de cribas.** Este tiene por finalidad eliminar la materia extraña que quedaron retenidas en el producto después de pasar por la corriente de aire. El conjunto debe estar formado por lo menos por dos cribas. En la primera, el tamaño de los orificios debe permitir el paso de los granos y retener toda la materia extraña mayor que los granos. En la criba inferior, el tamaño de los orificios debe permitir únicamente el paso de la materia extraña que son menores que los granos (figura 3.13) (57)

Partes del conjunto de cribas.

- a) Cribas y mallas.
- b) Sistema de vibración.
- c) Limpiador de cribas.

Limpieza con mallas cilíndricas. Las máquinas de limpieza con mallas cilíndricas rotativas son muy utilizadas en las grandes haciendas, debido a su gran capacidad para limpiar y porque requieren baja potencia para su funcionamiento. Están constituidas básicamente por dos mallas cilíndricas, colocadas una dentro de otra. La malla interior tiene forma de cono, para que los granos se deslicen cuando se opera el equipo a una velocidad más baja (figura 3.15) (57).

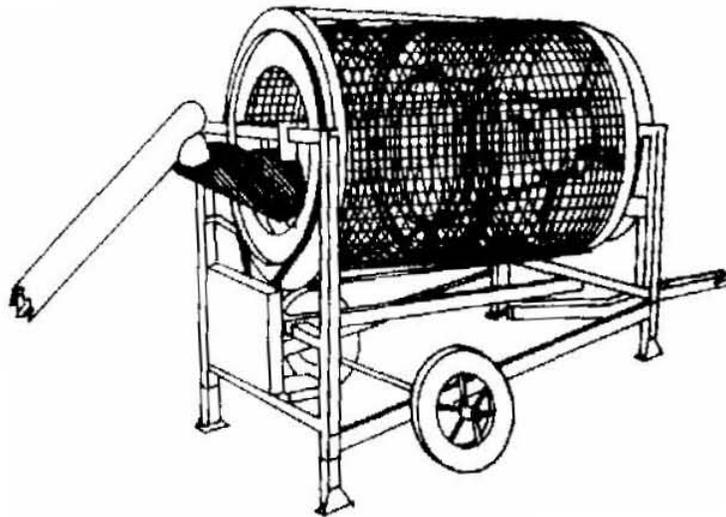


Figura 3.15 Equipo de limpieza con mallas cilíndricas.

Durante su funcionamiento, los granos entran por la malla interna que posee orificios más grandes que los granos, lo que permite que el producto pase y se retengan la materia extraña mayor. La malla externa posee orificios menores que retienen los granos y permiten el paso de la materia extraña menores. Normalmente, estas máquinas poseen un sistema que permite sustituir a las mallas, lo que permite la limpieza de diferentes productos (57).

Limpieza en máquinas con aire y cribas.

Las máquinas de limpieza con ventilador y cribas constituyen el sistema más eficiente para la limpieza de los granos. Estas máquinas se utilizan cuando se requiere una

limpieza más eficiente del producto. Para separar la materia extraña utilizan un ventilador y un conjunto de cribas (figura 3.16).

Estas máquinas pueden ser utilizadas en la operación de pre-limpieza para eliminar parte de la materia extraña de los granos, o en la operación de limpieza, después del secado. La diferencia entre máquinas de limpieza y pro-limpieza está determinada básicamente por la eficiencia de la separación. Las máquinas de limpieza tienen ventiladores más potentes, o un mayor número de cribas con orificios, cuya dimensión se aproxima más al tamaño de los granos, lo que permite realizar una limpieza más eficiente.

Por lo general, las máquinas con ventilador y cribas están constituidas por un depósito o alimentador, un sistema de aspiración de polvo (que se encuentra a la entrada o salida del producto) un conjunto de cribas intercambiables y un dispositivo para producir la vibración u oscilación del conjunto de cribas (57).

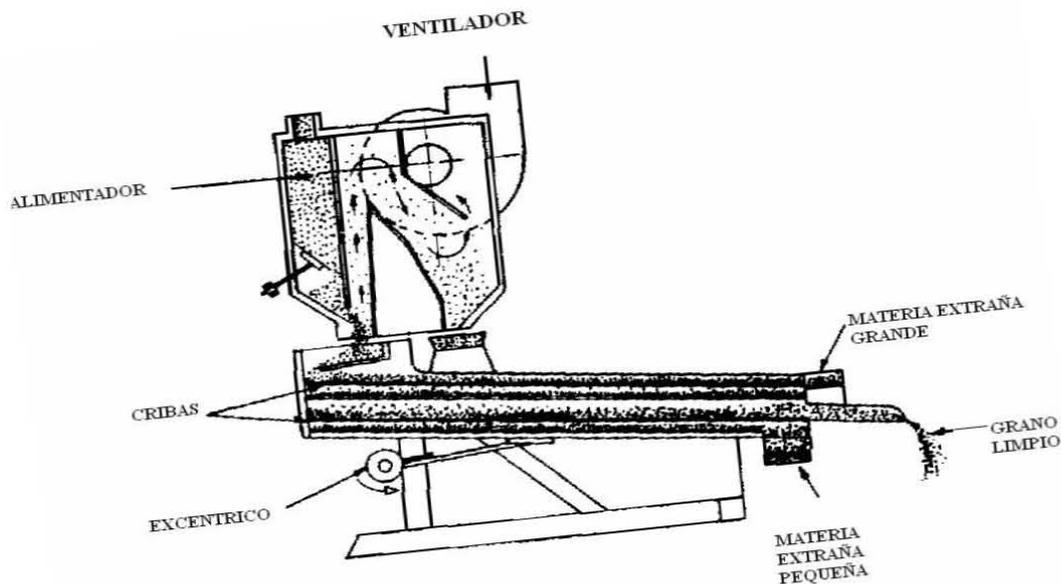


Figura 3.16 Máquina de limpieza con ventilador y cribas.

3.4 Importancia de la limpieza en el acondicionamiento.

La limpieza tiene una gran importancia para todas las aplicaciones de los cereales, en donde podemos mencionar la molienda que para la preparación de las harinas, los granos se limpian de partículas extrañas y de las impurezas que lo acompañan. (2)

El proceso de malteado también es importante ya que se inicia con la limpieza rigurosa de la cebada para eliminar todas las semillas extrañas y granos rotos. (10)

El grano sucio infestado o en mala condición por almacenamiento defectuoso, no debe ser destinado a la molturación

El objetivo de la molturación es hacer que los cereales resulten más agradables como alimento y de aumentar la capacidad de conservarse durante más tiempo. La molturación generalmente implica la eliminación del material molinero llamado salvado (el pericarpio, las cubiertas de la semilla, la epidermis nuclear y la capa de aleurona), se elimina el germen por ser rico en aceite, lo cual provoca que el producto se enrancie más rápidamente disminuyendo así su calidad. (10)

Capítulo 4. SECADO DE CEREALES.

4.1 Finalidad del secado.

El secado es un proceso de gran importancia en la cadena de producción de alimentos, ya que el contenido de humedad es, sin duda, la característica más importante para determinar si el grano corre el riesgo de deteriorarse durante el almacenamiento. El secado se realiza para reducir el contenido de humedad de los granos hasta un nivel que impida el crecimiento de los hongos, y evitar las reacciones de deterioro. Una definición clara y completa de lo que es el secado es la siguiente: "es el método universal de acondicionar los granos por medio de la eliminación del agua hasta un nivel que permita su equilibrio con el aire ambiente, de tal forma que preserve su aspecto, sus características de alimentos, su calidad nutritiva y la viabilidad de la semilla" (39).

El secado es un proceso de evaporación donde el aire que pasa a través de la masa de las semillas o granos tiene dos funciones:

1. Es la fuente de calor para evaporar el agua del grano.
2. Sirve además como vehículo para transportar el agua evaporada fuera de la masa de semillas.

El aire transfiere el calor hacia el interior del grano, donde a su vez, el grano transfiere el agua evaporada a la corriente de aire para depositarla fuera del ambiente de secado (45).

El secado es una operación unitaria en la que se efectúa de manera simultánea, la transferencia de calor y masa, donde el agua es eliminada por evaporación.

En el secado el agua se elimina en forma de vapor con aire. Los microorganismos dejan de reproducirse cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10% en peso (26).

Los granos tienen su máximo contenido de materia seca al llegar a la maduración, por lo que es conveniente cosecharlos en ese momento, para así obtener el máximo rendimiento de la producción. Sin embargo y por varias razones, el alto contenido de humedad de los granos limita su cosecha y hay que mantenerlos en el campo hasta que el contenido de humedad permita su cosecha o hasta que alcancen un contenido de humedad apropiado para su almacenamiento.

Se recomienda cosechar los granos húmedos tan pronto como sea posible y después secarlos, con los siguientes objetivos: obtención de un mayor porcentaje de materia seca, menores pérdidas debidas al ataque de depredadores, mayor porcentaje de vigor y germinación, menor contaminación e infestación de los productos en el campo (buena calidad para el almacenamiento) y otros más. En la mayoría de los países de América Latina, el contenido de humedad de los granos para un almacenamiento seguro comprende un rango de 11 a 13 por ciento, base húmeda, para los principales tipos de granos (39).

Un sistema de secado y almacenamiento exige costos de inversión relativamente elevados, dependiendo del poder adquisitivo del comprador. La adquisición o construcción de un sistema de secado involucra la necesidad de capacitación técnica del usuario, para que pueda aprovechar al máximo los beneficios que la tecnología instalada puede ofrecer, puesto que las ventajas del sistema dependen de su buen manejo. Además de conocer las características del equipo de secado, el usuario debe saber que su capacidad de negociación aumenta en la comercialización, al obtener un grano de mejor calidad. Debido a los costos iniciales aludidos, para que el uso de las técnicas de secado más modernas sea económicamente viable, debe haber un nivel de producción mínimo

La importancia del secado de los granos fácilmente se comprende al considerar los siguientes puntos: (27)

- a) Permite las cosechas tempranas independientes de las condiciones ambientales.
- b) Permite mayor tiempo de almacenamiento del grano sin deterioro.
- c) Mantiene la viabilidad de las semillas.

- d) Conserva la calidad intrínseca del grano.
- e) Evita el crecimiento de microorganismos.
- f) Retarda el desarrollo de insectos.
- g) Permite disminuir el índice de respiración y así mantener durante el almacenamiento las características originales del producto que fue cosechado.

Se han mencionado las grandes pérdidas en poscosecha de granos que existen en los países en desarrollo. Las principales pérdidas de alimentos resultan de la acción de los microorganismos, insectos, roedores, pájaros y enzimas específicas. Un 30% de las cosechas mundiales son destruidas por esta causa. La recolección mecánica favorece el deterioro o pérdida del producto cosechado, dejando pérdidas en el campo entre un 3-8% del producto final (46).

Las semillas y los granos son organismos vivos que requieren de un ambiente favorable para asegurar la prolongación de su existencia. Como todos los organismos vivientes, el medio que los rodea y su composición forman un sistema ecológico donde los factores físicos, químicos y biológicos (temperatura, humedad, gases, composición y respiración de la semilla, microorganismos, roedores, insectos, etc.) interactúan entre sí e influyen directamente en su deterioro (50).

4.2 Factores involucrados en la operación de secado.

Los principales factores involucrados en la operación de secado que afectan la calidad de las semillas o granos son la humedad, temperatura y la respiración, a continuación se describen:

1) Humedad

Es la variable primaria que afecta en mayor grado la conservación de los granos conjuntamente con la temperatura. La temperatura limita el desarrollo de los factores biológicos y todos ellos aparecen y se expresan en función de los niveles de humedad (4).

La humedad es el factor más importante que influye en el deterioro de los cereales. Si el contenido de humedad se mantiene a un nivel bajo (de 13%) los cereales pueden conservarse durante varios años sin deterioro apreciable, incluso en condiciones de almacenamiento no favorables. Pero, si el cereal a la cosecha o sus productos molturados presenta una humedad cercana o por encima del grado mínimo de seguridad para su almacenamiento, los cereales deberán ser secados con aire caliente. La humedad relativa del aire en contacto con los cereales puede ser más importante que la humedad propia del grano. La humedad relativa de equilibrio no debe sobrepasar el 65% si el cereal debe conservarse durante dos o tres años. Las bajas temperaturas y la escasez de oxígeno mejoran las condiciones de almacenamiento por inhibición de los hongos (46).

2) Temperatura

Cuando el medio de calentamiento es aire, la temperatura desempeña también un segundo papel importante. A medida que el agua es expulsada del alimento en forma de vapor de agua, tiene que ser alejada, ya que, de otra manera, la humedad crearía en la superficie del alimento una atmósfera saturada, que disminuiría la velocidad de la eliminación subsiguiente de agua. Cuando más caliente este el aire, más humedad podrá absorber antes de saturarse.

Los factores físicos que afectan la transmisión del calor y la transmisión de masa, tales como temperatura, humedad y velocidad del aire, son relativamente fáciles de controlar y de resolver en forma óptima, y son determinantes para el diseño de los secadores. La velocidad del secado variará según si la orientación en relación con la fuente de calor.

En el secado rápido a temperaturas elevadas, la superficie de los alimentos se hace seca y rígida mucho antes de que se acabe de eliminar la humedad del centro, se forma una especie de piel seca bastante impermeable, luego encierra gran parte del agua restante dentro de la partícula, y la velocidad de secado disminuye notablemente. Cuando este endurecimiento constituye un problema, puede reducirse mediante temperaturas más bajas

en la superficie a fin de propiciar el secado más uniforme de toda la pieza del alimento. Cuando el centro se seca se encoge, éste se separa de las capas rígidas de la superficie causando resquebraduras, hueco y efectos de panal de miel en el interior. Los patrones de encogimiento pueden afectar, el peso por unidad de volumen.

Las reacciones de “obscurecimiento” pueden deberse a las oxidaciones enzimáticas de los polifenoles, las temperaturas empleadas en el secado muchas veces no basta para destruir estas enzimas durante el proceso.

La reacción de Maillard es propiciada por temperaturas elevadas y por una alta concentración de los grupos reactivos cuando también está presente algo de agua. Esta reacción generalmente prosigue más rápidamente durante el secado cuando la humedad ha sido reducida al nivel de un 20 ó 15 %. A medida que el porcentaje de humedad sigue bajando, la velocidad de la reacción disminuye (45).

El secado no ocasiona daños físicos marcados (Tabla 4.1), pero si es demasiado rápido y se efectúa a temperaturas elevadas, puede hacer que se formen quebraduras por la tensión, así como ampollas y descoloramiento que tendrán repercusiones en la eficiencia de la molienda en seco y en otros procesos (22).

Cuando se utiliza secadores modernos, continuos o discontinuos (se hablará más adelante) el secado rápido crea tensiones dentro del grano, que lo pueden romper; en los granos este efecto sólo es significativo cuando se procede a su manipulación, produciéndose las pérdidas directamente o a consecuencia de la infestación rápida de insectos (17).

Como es frecuente añadir calor al aire empleado en el secado para aumentar la velocidad de secado, se tiene el peligro del desarrollo fungoso y puede bajo ciertas circunstancias, aumentar la velocidad del desarrollo fungoso más de lo que se reduce el tiempo del secado. Razón por la cual, es deseable conocer la temperatura que adquiere el

grano durante el secado y para todos los propósitos prácticos dicha temperatura corresponde a la del bulbo húmedo del aire usado (12).

Tabla 4.1 Daños ocasionados por un mal secado.

Grano	Efecto	Temperatura máxima
Trigo	<ul style="list-style-type: none"> Las temperaturas elevadas de secado, aumentan la contaminación de las cáscaras, de las harinas, aumenta el contenido de cenizas y disminuye como consecuencia el rendimiento de harinas. Desnaturalización de las proteínas Mal olor de las harinas a causa de residuos de la combustión Daño del almidón 	50 ° C con un 16 % de humedad base.
Maíz	<ul style="list-style-type: none"> La causa principal del mal secado en maíz pasa fundamentalmente por el figurado, lo que implica dejar al grano frágil, produciendo como consecuencia un alto porcentaje de grano quebrado, en general se producen: Pérdida de pigmentos produciendo un alto grado de opacidad en el grano. Dificultad en la separación de los productos de la molienda. Merma en el rendimiento de aceite. Menor viscosidad del almidón. Migración de las sustancias grasas al endospermo, afectando la calidad de los productos de la molienda. Olor en harinas. Gelatinización del almidón 	55 ° C con un 18 % de humedad base.
Arroz	<ul style="list-style-type: none"> Manchas en granos 	No más de 40 ° C con un 18 % de humedad.
Cebada cervecera	<ul style="list-style-type: none"> Inhíbe la germinación 	
Soya	<ul style="list-style-type: none"> Las altas temperaturas de secado producen en la estructura de la semilla daños irreversibles, ya que deshidratarán los tegumentos de la semilla, que presenta características apergaminadas. Esta deshidratación produce fisuras en el tegumento, la apertura final del mismo y, la separación de las partes restantes de la semilla, ocasionando un aumento de porcentaje de partido. Inhíbe germinación Desnaturalización de proteínas. Soya partida 	25 – 45 ° C con un 19 % de humedad base.

3) Respiración

Cuando se aprovechan las ventajas de cosechar temprano con altos contenidos de humedad (arriba de 15%), existen otros elementos a considerar. Por ejemplo, es necesario reducir los niveles de humedad de los granos secándolos oportunamente. El secado permitirá disminuir el índice de respiración y así mantener durante su almacenamiento las características originales del producto cosechado (4).

4.3 Mecanismo de operación en el secado.

A medida que entra el aire a la masa del grano, la región más cercana a la entrada se seca primero. Esta región con aire natural o calentado se secará debajo de la humedad deseada. Esta zona seca se moverá ascendentemente a medida que el secado continua.

El aire pasa por la zona seca y absorbe humedad de la zona de secado, hasta alcanzar el contenido de humedad en equilibrio (que no cede ni capta humedad) o saturación, en el caso de los granos muy húmedos. La cantidad de humedad que el aire tome antes de llegar a este punto, determinará el espesor de la zona en secado. El margen interior de la zona en secado colindante con la zona seca se llama frente de secado.

Las concentraciones localizadas de basura o granos rotos, también afectan los frentes de secado y crean problemas, ya que se secan mucho más lentamente que el grano limpio.

Se usa el término “estratificación” para referirse a la diferencia de humedad del grano entre el lugar donde entra el aire y donde sale. La cantidad de estratificación y el espesor de la zona de secado dependen del volumen de aire que fluye a través del grano y de su humedad relativa. A mayores flujos de aire la zona de secado puede extenderse a toda la masa del grano, excepto la zona seca del fondo y la estratificación se reduce. Lo mismo sucede a humedades relativas inferiores, ya que el aire roba humedad durante su paso por el grano.

El secado de los granos húmedos, comienza a menudo por un periodo en el que la velocidad de secado es constante por estar solamente afectado por la transferencia de calor y masa (vapor de agua) a la superficie del producto. Cuando el contenido de humedad en los granos se reduce se observa un descenso de la velocidad de secado por hacerse más difícil el transporte de la humedad, del interior a la superficie.

En el proceso de secado, si los granos contienen agua libre, asumirán la temperatura de bulbo húmedo, y las propiedades del aire cambiarán a medida que recoja la humedad,

salvo la temperatura de bulbo húmedo que seguirá siendo la misma y el secado irá avanzando a lo largo de la línea de la temperatura del termómetro húmedo (es decir la temperatura permanece constante)

Algunas veces cuando se usa calor suplementario para secar grano frío, el aire secante absorbe humedad al pasar a través de las capas inferiores del grano, esto ocasiona que baje la temperatura del aire y aumente su HR. El resto del grano sin embargo puede ser menor a la temperatura del “punto de rocío” del aire, lo cual ocasiona condensación de humedad en las capas superiores. La misma cosa puede ocurrir con el secado con aire natural y cuando se airea el grano (ventilación) para eliminar el calor generado durante el almacenaje invernal, haciendo pasar dicho aire de abajo hacia arriba (27).

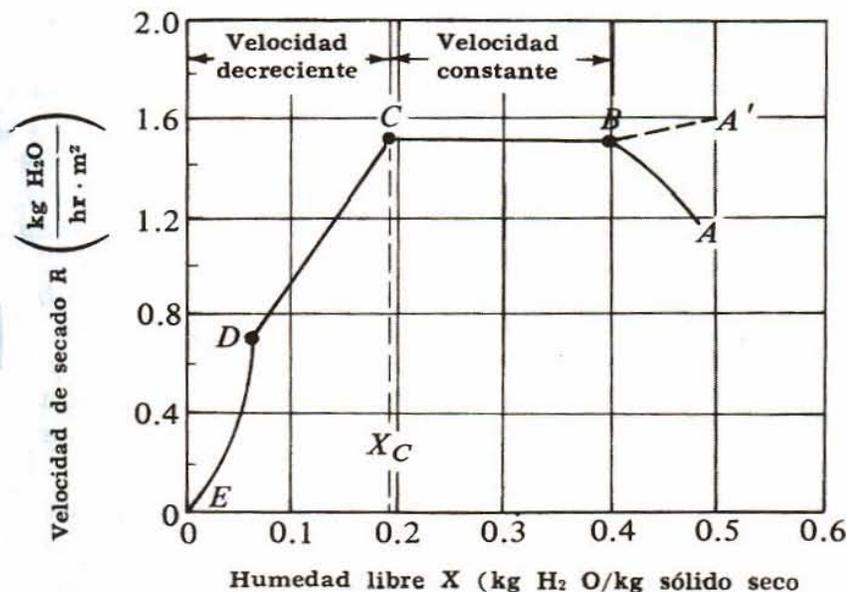


Figura 4.1 Curva típica de velocidad de secado para condiciones de secado constante en función del contenido de humedad libre. Geankoplis C. (1994)

A-B = Precalentamiento

B = Temperatura de equilibrio (temperatura de bulbo húmedo)

B-C = Periodo constante, se elimina la mayor cantidad de agua libre.

C = Punto de inicio de velocidad decreciente y se llega al valor de humedad crítica donde la superficie del producto ya está seco.

C-D = Periodo de velocidad decreciente, comienza la evaporación del interior y la cantidad de agua eliminada puede ser baja y el tiempo grande.

Flujo de aire en el secado de granos.

En el secado el flujo de aire tendrá que ser suficiente para atravesar la masa de los granos y acarrear la humedad fuera de ellos. El flujo de aire requerido para secar está limitado por la capacidad del ventilador que envía el aire a través de la capa de granos.

La resistencia del grano al flujo de aire depende del tipo de semilla o grano, grado de compactación de la masa, presencia de contaminantes, humedad y altura de la camada. Para cualquier motor de ventilador, un incremento en estos factores representa una disminución en el flujo de aire, si se desea un flujo de aire mayor, es más práctico reducir la altura de la masa de grano que tratar de aumentar la potencia de los motores (28).

Dirección del flujo de aire.

El aire puede impulsarse en varias formas dependiendo del sistema de secado elegido.

En el secado estacionario la dirección del flujo de aire se realiza en tres formas:

- 1) De arriba hacia abajo (es decir extrayendo el aire por la parte inferior). Esta forma es la más utilizada para la ventilación de granos, donde no se requiere calor ni grandes flujos de aire. (Secador de flujo concurrente)
- 2) De abajo hacia arriba (empujando el aire a través de los granos). Esta es la forma más común de secarlas, dado que el aire seco pasa a través de éstas y así la primera capa en la parte inferior se seca primero, conforme avanza el tiempo se van secando las demás capas hasta quedar completamente seco todo el lote. (Secador a contraflujo o contracorriente)
- 3) Movimiento del aire radial y horizontalmente del centro hacia la periferia (Secador de flujo cruzado)

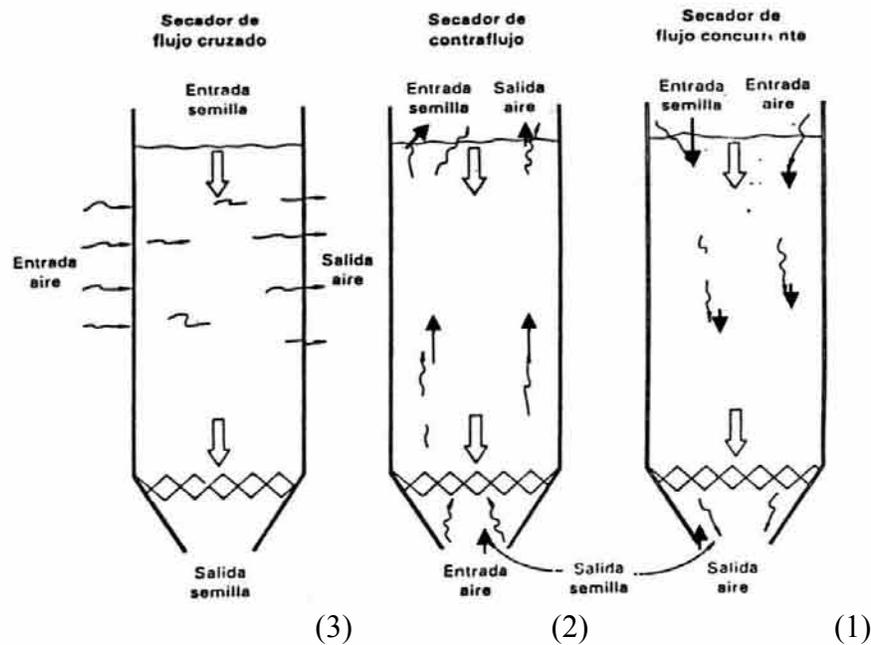


Figura 4.2 Tipos de flujo de aire para el secado

Una vez conocidos los principios básicos del secado, es importante concluir que la eficiencia del proceso está fuertemente determinado por:

- ❖ El tipo de grano
- ❖ El contenido inicial y final de humedad del grano.
- ❖ % de materia extraña
- ❖ La temperatura
- ❖ La HR
- ❖ La velocidad del flujo del aire de secado
- ❖ La altura de la camada.(28)

4.4 Métodos de secado

Existen diversos métodos para reducir el contenido de humedad de las semillas y granos. Unos se adaptan mejor que otros a las necesidades específicas, ya sean económicas o técnicas (7).

El método de secado generalmente es el principal factor que determina la selección de otros componentes del sistema de manejo de granos. En los países en desarrollo, los métodos disponibles para secar los productos agrícolas a nivel del agricultor están limitados, la mayoría de las veces, al uso de una combinación de radiación solar y el movimiento natural del aire ambiente: o sea, el *secado natural*. Otros métodos de secado son, en cierto modo, complejos y requieren de una mayor experiencia y esfuerzo de parte del agricultor; éstos corresponden al *secado artificial* (39).

4.4.1 Secado Natural

Se entiende por secado natural aquél en que el movimiento del aire de secado se debe a la acción del viento, y la energía para evaporar la humedad proviene de la capacidad de secado del aire y de la incidencia directa de la energía solar (figura 4.3). El secado natural en el campo se realiza directamente en la planta y después de la cosecha, cuando se colocan las espigas y mazorcas en montones, pilas, manojos o hileras que se dejan secar al sol. Para reducir el tiempo de secado se construyen patios de secado o secadores simples que aprovechan la acción del viento y la energía solar. Este método de secado es muy utilizado por la mayoría de los agricultores de los países en vías de desarrollo, a veces por desconocimiento de técnicas más modernas y porque las condiciones climáticas permiten su uso a un costo muy reducido. Otra limitante para el uso de tecnologías elaboradas lo constituye el nivel de inversiones que se requiere y que, por lo general, se encuentran muy por encima de las posibilidades de muchos productores rurales (39).

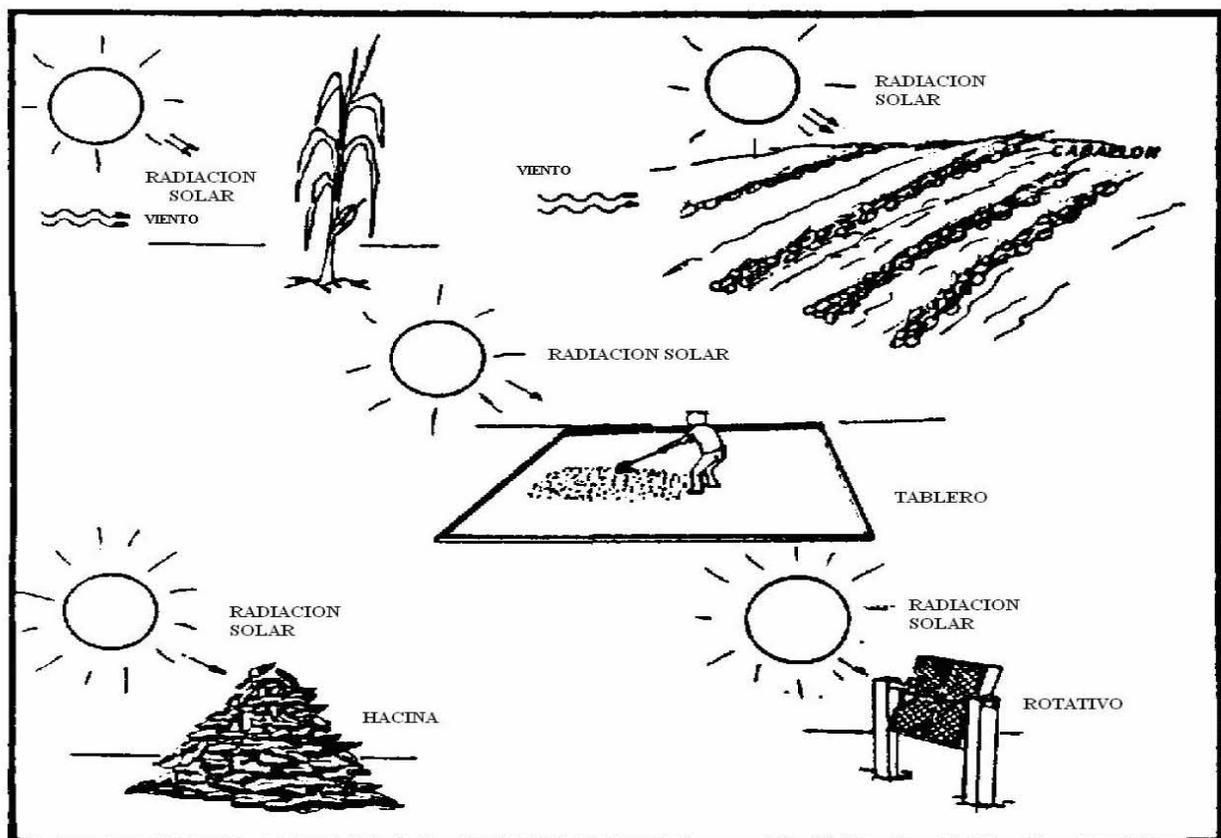


Figura 4.3 Diversas formas de secado natural de uso común en el medio rural

www.fao.org/docrep/x50275/x5027S2G.GIF

El secado en el campo es el método más utilizado cuando no se tienen recursos; algunos agricultores consideran que resulta más económico dejar secar las semillas/granos. Pero es necesario tener en cuenta que, en la producción de semilla, las mayores pérdidas ocurren durante el almacenamiento en el campo debido a:

- ✓ Mayor susceptibilidad a enfermedades
- ✓ Incremento de infestaciones de insectos
- ✓ Pérdida total de la semilla por lluvia, granizo, vientos fuertes o desgranados en el campo.

Además de los puntos anteriores, las pérdidas en los granos se incrementan al disminuir sus características nutritivas, desarrollo de micotoxinas, bacterias y aflatoxinas. Es importante que el productor considere lo anterior y logre determinar el punto óptimo de cosecha en función de la humedad del producto, combinado con aspectos económicos y técnicos (30).

En el campo se secan los granos en los tallos por medio de la exposición al sol. A menudo se logra secar los alimentos hasta un 15% de humedad final en el caso de los granos.

Desventajas.

- Depende de las fuerzas naturales y estas no se pueden controlar.
- Es lento
- No reduce el contenido de humedad a menos de 15%
- Requiere de espacios amplios
- Los alimentos expuestos al sol son susceptibles a la contaminación y pérdidas debidas al polvo, insectos, roedores y otros factores (45).

Existen algunas estructuras simples para el secado natural de granos, cuyo uso ha sido comprobado en algunas regiones de América Latina. Su utilización depende, en general, del clima del lugar y tienen en común que son simples y fáciles de construir; su costo es bajo y los materiales de construcción se encuentran fácilmente en la localidad.

El secado natural es lento; una manera de hacerlo rápido es colocando las semillas/granos en bandejas con piso de malla de plástico o alambre, parecidas a zarandas (figura 4.4). Las semillas se esparcen en forma ondulada sobre las zarandas, las cuales se colocan luego a una altura de 0.5 a 1.0 m del suelo, permitiendo que el aire pase por encima y por debajo de las semillas y eliminando así rápidamente la humedad (26).

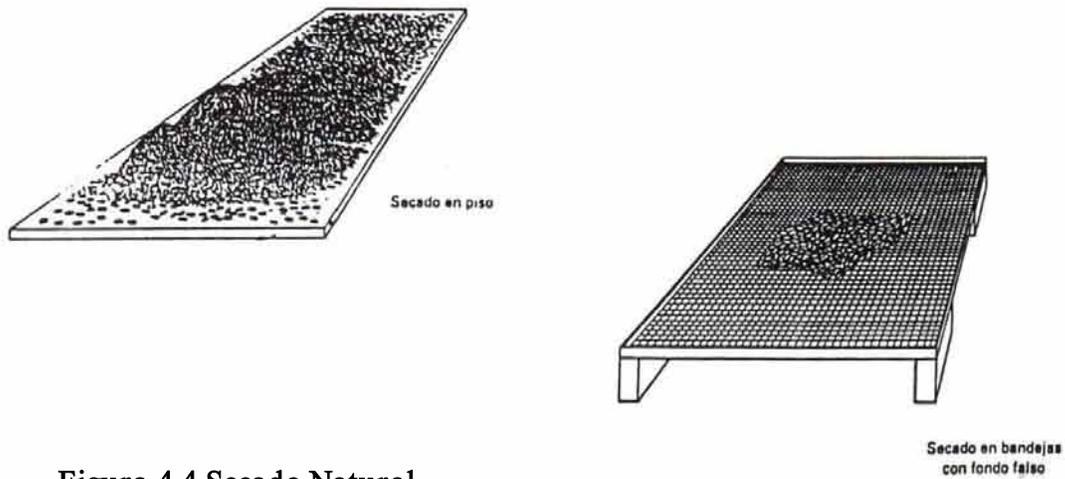


Figura 4.4 Secado Natural

1) Secado natural al aire libre.

A diferencia del método anterior, se utilizan depósitos abiertos al viento para que éste pase en forma natural a través de las semillas y elimine la humedad. El grosor que forma los granos no debe ser mayor de 1.20m para que el aire logre pasar libremente. Los depósitos generalmente están acondicionados con techos y tela de alambre o rejillas como muros, para proteger la semilla del mal tiempo y los roedores. Su manejo puede mecanizarse. El tiempo de secado es prolongado, dependiendo de la intensidad y velocidad del viento y de la humedad relativa (HR) ambiental (figura 4.5)

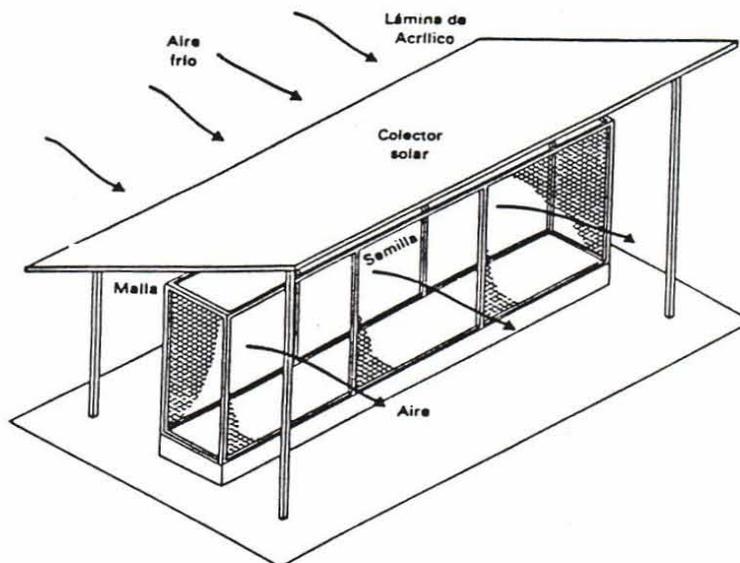


Figura 4.5 Secador estacionario al aire libre.

Algunos secadores experimentales han incorporado la utilización de energía solar en su estructura para lograr bajar la HR del aire, e incrementar su capacidad de absorber el agua excedente en las semillas (figura 4.5) Este método puede resultar más efectivo para ventilar semillas y mantenerlas temporalmente mientras se logran secar con un sistema de aire inducido(50).

2) Secado solar.

El grano es expuesto en capas de pocos centímetros y con una remoción periódica, el grano se seca al sol, en forma pareja y con un costo mínimo. Se distribuye durante el día y se recoge por la noche (21).

Es método que puede resultar económico cuando son secados de pequeños volúmenes, los cuales pueden cubrirse y manejarse oportunamente en caso de presentarse condiciones ambientales adversas (56).

Pero en los últimos años se han creado algunos equipos para secar granos empleando secadoras simples que utilizan la energía del sol para calentar el aire.

Esta técnica es ventajosa para poco volumen, pues el ahorro de energía es considerable, la inversión escasa, y no afecta mayormente la calidad de los granos. Sin embargo, su empleo a gran escala de acopio es impráctico porque es un método lento, y porque requiere colectores solares de gran superficie, de manera que su aplicación ha quedado reducida a pequeños productores. (Figura 4.6)

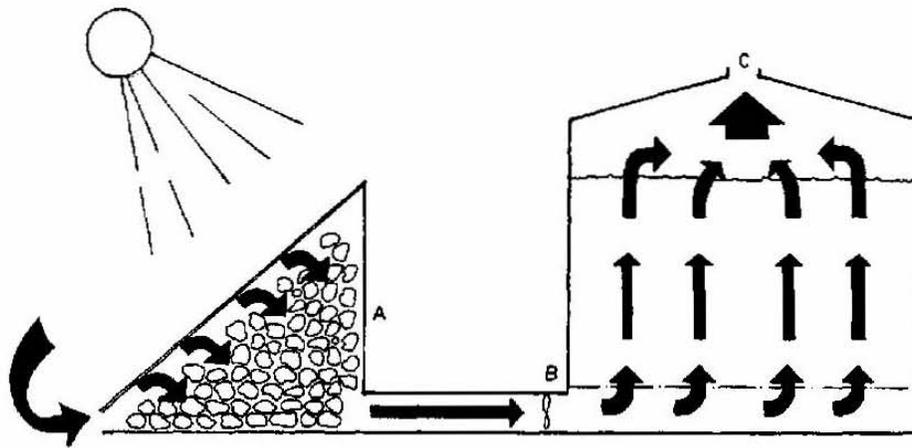


Figura 4.6 Proceso de secado solar.

En A se indica un colector solar, formado en este caso por piedras amontonadas en una caja cuyas paredes inferiores y lateral son negras. El aire penetra por la parte inferior, atraviesa las piedras calentadas por el sol, se calienta a su vez, e ingresa al silo de grano por la parte inferior, auxiliado por un ventilador B para secar los granos, y sale por la abertura superior C.

Cuando los granos se cubren con plásticos de polivinilo, existen riesgos de calentamiento de las semillas por la acción de los rayos solares, lo cual incrementa rápidamente la respiración. El secado al sol de grandes volúmenes resulta costoso por el tiempo y la cantidad de maniobras requeridas y por las pérdidas de las semillas debidas a estas maniobras. Tal método también presenta el riesgo de que el secado sea dependiente de las condiciones ambientales. (45)

4.4.2 Secado Artificial

Se denomina secado artificial a aquel en el cual se cambia artificialmente las características del aire en contacto con los granos, ya sea su temperatura, humedad o velocidad (50).

Los sistemas para el secado artificial de granos están constituidos por un ventilador que mueve el aire y que lo fuerza a pasar por la masa de granos, una cámara para contener el grano y un quemador que permite aumentar la temperatura del aire de secado. Cuando el grano se va a secar en flujos continuos, los secadores requieren equipos especiales para llenarlos con granos húmedos y para vaciarlos cuando los granos están secos. En los secadores estacionarios o por lotes, el grano se retira del secador después que se ha secado y enfriado. Cuando el secado se realiza a bajas temperatura, el grano puede ser almacenado en el lugar del secado. (39)

Las partes importantes de una secadora son:

- Torre.
- Ventilador
- Horno.

Torre: Es el lugar donde se coloca el grano a secar y, consta de una serie de componentes que, permiten el intercambio del aire con el grano. En las torres el grano está en movimiento descendente, por lo que en la parte inferior existe un mecanismo de descarga, que asegura un descenso uniforme y permite regular la cantidad del grano que sale por hora, es decir el (kg/h).

Ventilador: Debe impulsar el aire por entre la masa de granos, generalmente son 2, uno pasa aire caliente y otro pasa aire frío. Debiendo considerarse 2 aspectos en la elección de los ventiladores.

- Que el caudal de aire que arrojan, debe estar en relación con el grano que se seca por hora.

- Que la presión del aire esté en relación con el espesor de la masa de granos que se quiere secar.

Horno: Es un quemador que calienta el aire, para disminuir su humedad relativa, existiendo 2 formas en que el aire se calienta, pudiendo hacerlo directamente o indirectamente:

En la figura 4.7 se muestran las partes principales de un secador.

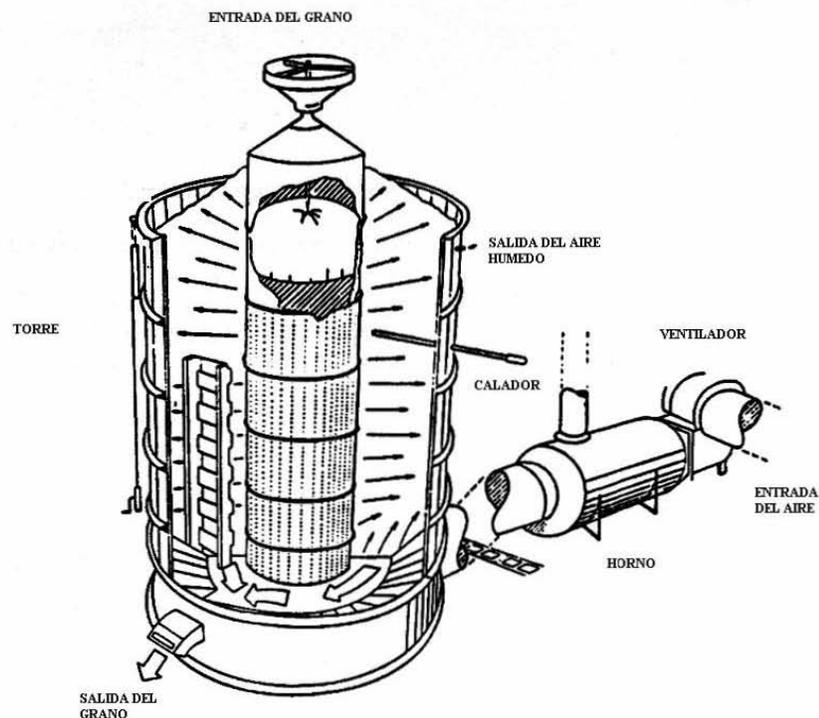


Figura 4.7 Partes de un secador

1) Clasificación de secadoras por el medio de calentamiento.

a) **Secado Directo:** Aquí el aire a utilizar para el secado, se mezcla con los productos de la combustión, originado en la llama. Este sistema es el más utilizado en el país y, el

combustible puede ser gas, fuel oil, gas oil o mezcla de ellos. La principal ventaja de este tipo de secadoras es que todo el calor generado es transmitido a la masa de granos, pero la principal desventaja radica, en que en el caso de existir combustión incompleta, los productos de la misma se mezclan con el aire y pueden conferir olor a la masa de granos.

b) Secado Indirecto: Los gases circulan por tubos previamente calentados, bajando así la posibilidad de contaminación por productos de la combustión y perdiendo poder calórico, en el calentamiento de los tubos de conducción del aire.

Los métodos para el *secado artificial* de granos se dividen, de una manera general, en dos clases principales: aquella en la que el grano se seca por lotes y aquella en que el grano se seca por medio de un flujo continuo. Los métodos de secado se deben elegir en función del clima, economía y circunstancias sociales bajo los cuales van a ser empleados. (39)

2) Clasificación de secadoras por el tipo de proceso.

a) Secadoras continuas.

Las secadoras continuas son aquellas en las que el grano se introduce y descarga en forma continua o intermitente, permaneciendo constantemente llenas las secciones de secado y enfriamiento. Las operaciones de secado y enfriamiento se efectúan en forma simultánea e interrumpida.

Este método consiste en secar las semillas/granos al hacerlas pasar una sola vez por una corriente de aire caliente. Las semillas entran por la parte superior del secador y salen por la parte inferior. Para que las semillas sequen hasta el punto deseado es necesario que recorran lentamente este trayecto y que la temperatura del aire sea suficientemente alta. Al disminuir el flujo de las semillas o al aumentar la temperatura del aire, existe el riesgo de calentamiento por encima de un nivel seguro. Por esta razón, deben usarse preferentemente para el secado de granos. (60)

En la figura 4.8 se muestra la clasificación de los secadores continuo con base en el tipo de flujo que tienen.

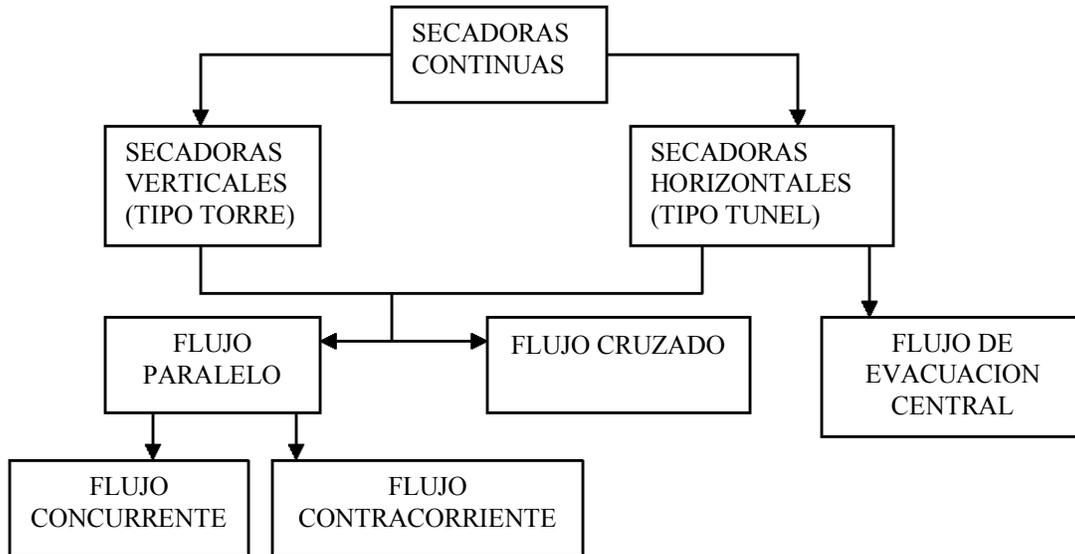


Figura 4.8 Clasificación de los secadoras continuos en base al tipo de flujo que tienen.

En los cuadros 4.2 y 4.3 se mencionan algunas características, ventajas y desventajas de algunos secadores dependiendo del tipo de flujo que tienen.

Tabla 4.2 Ventajas y desventajas de los secadores de tipo vertical dependiendo de su flujo de aire.

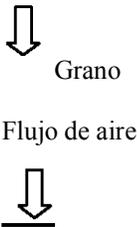
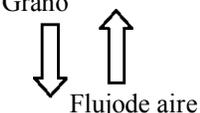
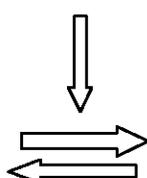
TIPO DE FLUJO DE AIRE	TIPO DE SECADOR CARACTERISTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Flujo paralelo o concurrente</p> 	<p>Las secadoras verticales, también llamadas "tipo torre", se caracterizan por el recorrido del grano, desde arriba hacia abajo, y pueden ser clasificadas en varios grupos, de acuerdo al tipo de flujo.</p> <p>En este tipo, el grano y el aire de secado fluyen en la misma dirección y sentido. De esta forma el aire caliente se encuentra con grano frío y húmedo, pero la transferencia de calor y humedad que tiene lugar, asegura que la temperatura del grano no alcance la temperatura del aire de entrada y que descienda rápidamente.(figura 4.9) (27)</p>	<p>Pueden emplear temperaturas del aire elevadas tal que no se alcance más de 70° C de temperatura en el grano, si es que se va a secar sorgo ya que es el grano que tolera temperaturas mayores; secador se originan altas velocidades de secado sin sobrecalentar el grano. Este último está sometido a un tiempo de permanencia más corto. (27)</p>	<p>La potencia consumida es elevada y los tiempos de residencia más prolongados. En la práctica se ha comprobado que la extracción de humedad por cada tratamiento de flujo concurrente no supera los dos puntos de humedad, de manera que las secadoras comerciales existentes tienen dos o tres etapas, separadas cada una por secciones de reposo. (27)</p>
<p>Flujo Contracorriente</p> 	<p>Secadora de Caballetes (figura 4.10). En esta secadora el grano fluye hacia abajo y el aire hacia arriba. Este tipo de secado es muy eficiente energéticamente, porque el aire sale a través del grano más húmedo, o sea muy saturado, pues recoge una máxima carga de humedad. (27)</p>	<p>Es eficiente energéticamente, pues recoge una máxima carga de humedad. El equipo puede funcionar todo en caliente y efectuar el enfriamiento en un silo separado. Se conoce como secado combinado (27)</p>	<p>El espesor de la capa de grano no suele superar los 3 - 4 m, pero si aumenta el espesor de la masa de granos también hay un incremento en la resistencia al paso del aire, que produce una disminución de la capacidad de secado. (27)</p>
<p>Flujo cruzado</p> 	<p>Secadoras de flujo cruzado. También llamadas "de columnas" poseen columnas o venas rectas por donde circula por gravedad el grano; las columnas están formadas por paredes de chapas perforadas, las que atraviesa el aire caliente (o frío) en forma cruzada o perpendicular al espesor de la columna. El espesor de la columna es de alrededor de 40 cm.(39) (figura 4.11)</p>	<p>Este sistema permite que el grano situado en el costado por donde ingresa el aire caliente descienda más rápidamente que el grano situado en el costado opuesto, con el fin de asegurar un secado más homogéneo.(39)</p>	<p>Son más complicados y caros de compra y de funcionamiento (24)</p>

Tabla 4.3 Ventajas y desventajas de los secadores de tipo horizontal dependiendo de su flujo de aire.

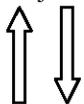
TIPO DE FLUJO DE AIRE	TIPO DE SECADOR CARACTERISTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Flujo paralelo o concurrente Grano  Flujo de aire 	<p>Secador de sacos. La profundidad de la camada en este secador es de un saco de yute o henequén lleno de semillas. El aire es forzado a través del saco hasta que las semillas se sequen. Para la capacidad de este secador, es necesario construir un piso falso con perforaciones rectangulares de 30x60 cm. La distribución del aire se hace a través de un sistema de túneles situados en la parte baja del piso falso y su capacidad está determinada por el diseñador del proyecto, según las necesidades del productor de semillas. (figura 4.12) (27)</p>	<p>Tiene un relativo bajo costo. Facilidad de construcción, y permite que éste pueda ser la solución para muchos productores con dificultad de comparar un secados moderno. Puede utilizarse para secar pequeños lotes de semillas, como el frijol y soya que requieren de un manejo más delicado. Permite una buena identificación de los lotes de granos(27)</p>	<p>El tiempo de secado El tamaño del área de secado Alto costo de la mano de obra. (27)</p>
Flujo Contracorriente Grano  Flujo de aire 	<p>Secadores de túnel y banda sin fin. Los secadores continuos de túnel suelen ser compartimientos de bandejas o de carretillas operando en serie. Los sólidos se colocan sobre bandejas o en carretillas que se mueven continuamente por un túnel con gases calientes pasando sobre la superficie de cada bandeja (26). Los carros de alimento húmedo se trasladan de izquierda a derecha. El aire empleado para secar pasa a través de las charolas de derecha a izquierda. Este es el principio de contraflujo o contracorriente. (figura 4.13) (27)</p>	<p>Los cambios en la temperatura y humedad del producto en la etapa inicial del secado son menos bruscos, y hay menos probabilidad de que tengan lugar el endurecimiento de la cubierta o el encogimiento de la superficie, dejando el centro húmedo.(27)</p>	<p>Hay túneles en que las charolas y el aire a su máximo de calor y sequedad entran juntos y se mueven en la misma dirección. En este caso el secado rápido inicial y el secado lento final pueden causar el endurecimiento de la cubierta y grietas y porosidad en el interior, cuando por fin se secan los centros, lo que es a veces deseable en determinados productos (45). La operación de hace semicontinua, por lo que el tiempo es mayor.(27)</p>
Flujo cruzado Grano  Flujo de aire 	<p>Secador de mazorca. Este secador es el que presenta celdas de secado construidas de ladrillo y concreto armado, utilizando principalmente para el secado de maíz en mazorca, en el cual la altura de la camada puede llegar hasta 3 m. Tienen un túnel central para la distribución del aire de tal manera que pueden ser secadas varias celdas a la vez (paralelamente) o hacer que el aire pase a través de más de una celda (en serie). (figura 4.14) (27)</p>	<p>Flexibilidad de poder variar los volúmenes de semillas día a día según las necesidades de la cosecha. Puede utilizarse como silos para almacenaje. Equipo y accesorios fácilmente adaptables a los diferentes sistemas de secado. Diversificación en el manejo de volúmenes, variedades y clase de semillas. (27)</p>	<p>Es una forma lenta de secar. Para flujos de aire bajos, la capa superior demora en secar. Se debe muestrear durante el secado estacionario debe hacerse por lo menos dos veces al día, y en el intermitente cada 30 minutos(27).</p>

Tabla 4.4 Ventajas y desventajas de los secadores por lotes dependiendo de su flujo de aire.

TIPO DE SECADOR CARACTERISTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Secadores por lotes Este sistema, que tiene lugar en secadoras del mismo "nombre, reside en colocar el grano húmedo en la secadora, mantenerlo en ella hasta que es secado, y luego enfriado en la misma. Posteriormente, el grano es extraído, y la secadora se vuelve a llenar con otro lote.</p> <p>Secador con recirculación. Estas secadoras, ya sea de columnas o de caballetes, poseen una cámara de secado convencional, pero el grano es reciclado varias veces en la secadora, con el auxilio de un elevador de cangilones o de una rosca vertical, de manera que existen periodos de descanso, que favorecen un templado parcial del grano. Una vez que el grano está seco, se lo enfría apagando el quemador, y se lo descarga, quedando luego la máquina libre para un nuevo ciclo. (Figura 4.15). (39)</p>	<p>Es posible conseguir un grano de buena calidad; se obtiene, además, una mejor uniformidad de secado que con las secadoras en lotes del tipo convencional.</p> <p>Se adaptan bien para secar arroz, que necesita varias etapas y ciclos de reposo con el fin de mantener una muy buena calidad para su procesamiento posterior.</p> <p>Se adaptan bien para secar arroz, que necesita varias etapas y ciclos de reposo con el fin de mantener una muy buena calidad para su procesamiento posterior (39)</p>	<p>La manipulación extra a que es sometido el grano puede ocasionar un gasto mayor de energía y quizás algo más de rotura.</p> <p>Se puede variar el tiempo de enfriamiento independientemente del tiempo de secado. (39)</p>
<p>Secado por retorno. El secado por retorno, que puede ser similar al sistema dryeration consiste en emplear la secadora "todo caliente" en la primera etapa y luego transferir igualmente a un silo de reposo. Transcurrido el periodo de "tempering" (8 a 10 horas), se retorna el grano a la secadora, funcionando ésta con sus ventiladores sin prender los quemadores, para un periodo de enfriamiento y secado final. (Figura 4.16)</p>	<p>Este método mantiene una calidad aceptable del grano y el costo por tonelada resulta más bajo que en el secado convencional.</p> <p>adapta preferentemente para plantas pequeñas y medianas</p>	<p>El enfriamiento es más violento que en seca-airación, por lo que es posible que aparezca un porcentaje mayor de fisurado</p>
<p>Secado con dos equipos. Cuando en una misma planta de acopio se poseen dos secadores pueden trabajar en serie o en paralelo. En paralelo significa que las dos trabajan a la par, recibiendo ambas el grano, al que secan y enfrían en forma simultánea.(Figura 4.17)</p>	<p>Tiene este sistema la ventaja de que si una secadora se detiene por algún inconveniente, la otra sigue funcionando.</p> <p>Trabajar en serie significa que el grano que sale de una secadora ingresa a la otra, donde se finaliza el proceso</p>	<p>Sin embargo, se requiere contar con un elevador extra para las dos secadoras, además de las modificaciones para adaptarse dryeration. Otra desventaja que presenta reside en la elección correcta de las respectivas capacidades de las dos secadoras y en el ajuste de los caudales de grano. (Figura 4.18)</p>

Secadores de flujo paralelo concurrente.

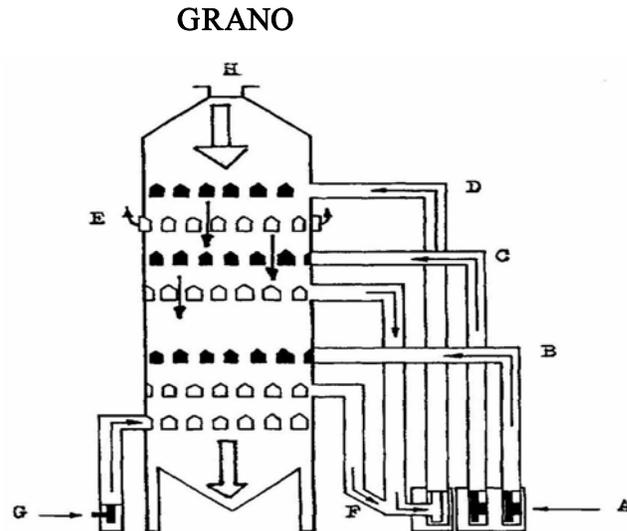


Figura 4.9. Secador de flujo concurrente.

A: ingreso de aire al quemador; B C-D: aire caliente en tres etapas; E: salida de aire usado; F: recirculación de aire usado; G: ingreso de aire para enfriamiento; H: entrada de grano húmedo.

Secadoras de flujo paralelo contracorriente.

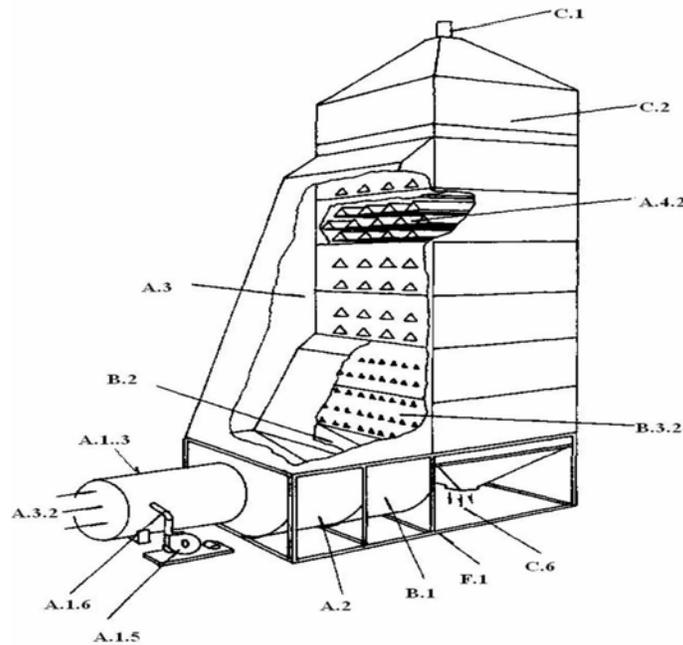


Figura 4.10 Secador de Flujo contracorriente. A.1.3: cámara de combustión; A.1.5: ventilador para el aire de combustión; A.1.6: conducto de aire para la combustión; A.2: ventilador de aire caliente; A.3: plenum de aire caliente; A.3.2: entrada de aire; A.4.2: cámara de secado (de caballetes); B.1: ventilador 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

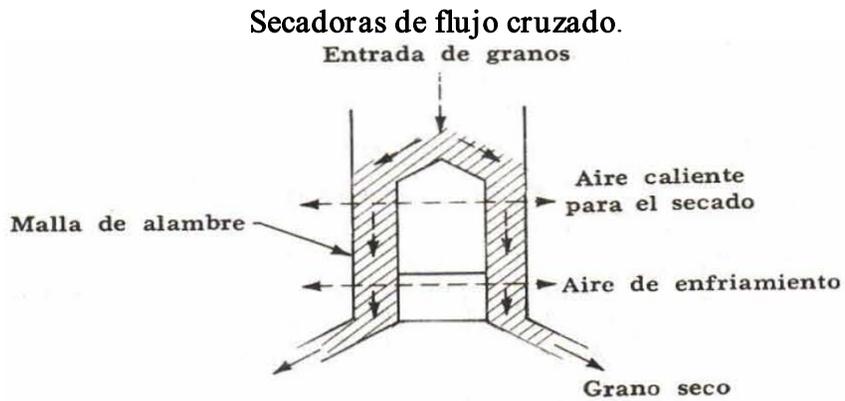


Figura 4.11 Secador vertical de flujo continuo para granos.

Secadores Horizontales

Secador horizontal de flujo concurrente.

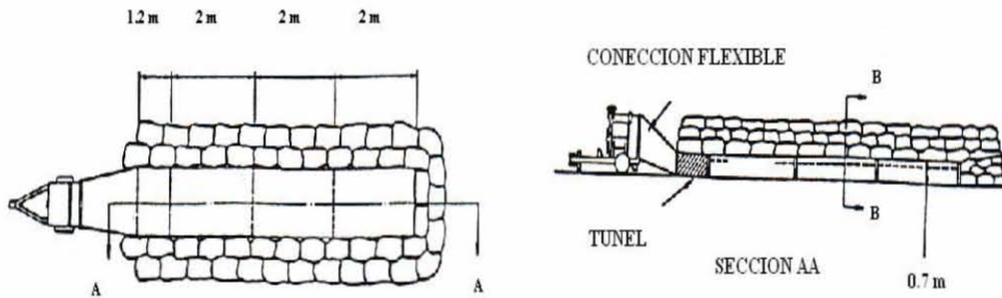


Figura 4.12 Secador de semillas en sacos

Secador de flujo horizontal a contracorriente.

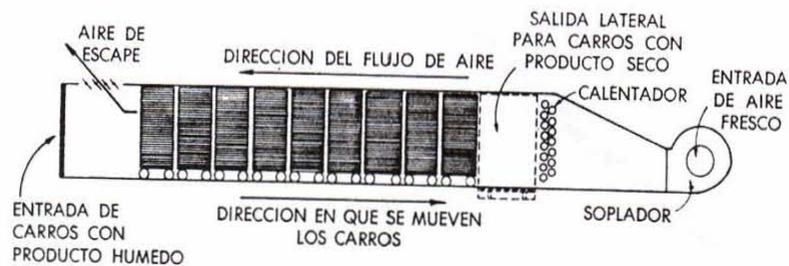


Figura 4.13 Túnel secador a contracorriente.

Secador horizontal de flujo cruzado.

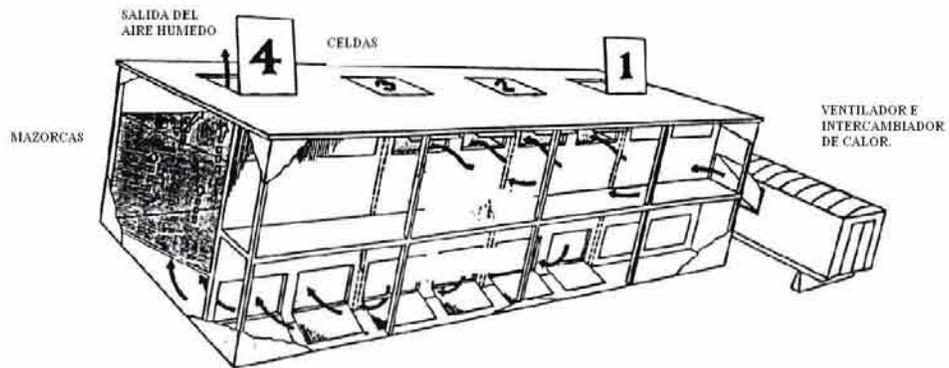


Figura 4.14 Tipo de secador estacionario para maíz en mazorca

Secadores por lotes.
Secador con recirculación.

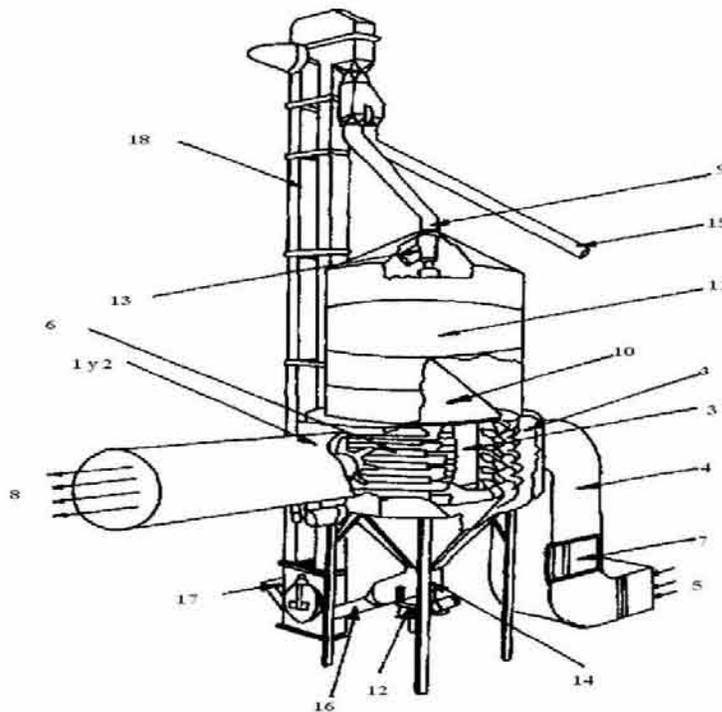


Figura 4.15 Secador con recirculación.

2 y 1: ventilador; 3: cámara de aire caliente; 4: conducto de aire caliente; 5: entrada de aire; 6: cámara de secado; 7: compuerta reguladora de aire; 8: salida de aire usado; 9: entrada de granos; 10: encausador de grano; 11: depósito de granos en reposo; 12: accionamiento del regulador; 13: distribuidor; 14: salida del grano; 15: descarga del grano seco; 16: conducto alimentador del elevador; 17: carga de granos húmedos; 18: elevador de carga, recirculación y descarga de granos.

Secado por retorno.

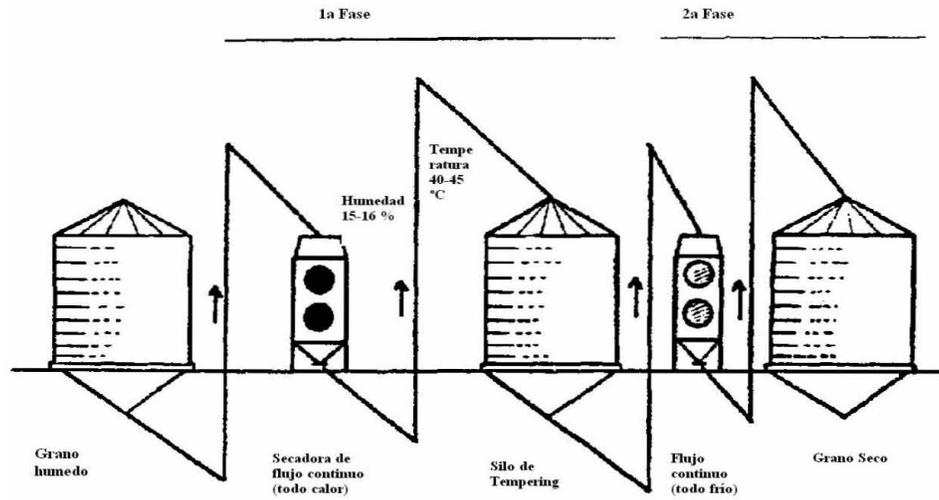


Figura 4.16 Proceso de secado por retorno.

Secado con dos equipos

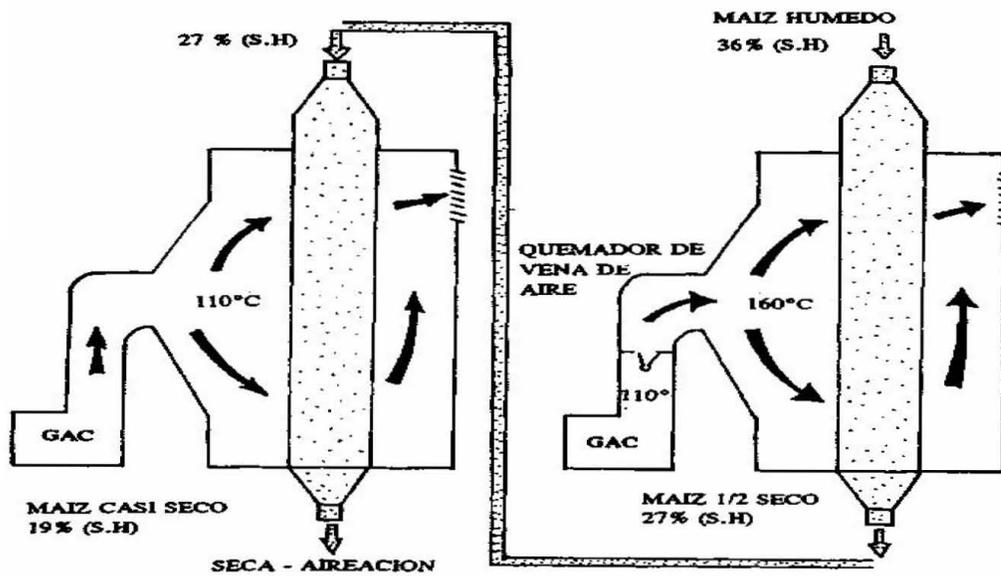


Figura 4.17 Proceso de secado con dos equipo.

Secado y enfriado en silo.

Este sistema, también conocido como "bin cooling", se emplea en Estados Unidos entre los productores de maíz y consiste de dos silos, uno de los cuales es un silo-secador con aire caliente por contracorriente. El grano se carga en el primer silo y es secado hasta que una capa de 10 cm. de grano en el fondo haya alcanzado un contenido de humedad de 16,5 - 18,5%. Este grano caliente y parcialmente seco es removido del fondo con una rosca barredora y es transferido al segundo silo donde tiene lugar el secado final y el enfriamiento. Posteriormente ingresa otra capa de 10 cm.

La temperatura del aire en el primer silo es de 70 a 95°C, dependiendo del tipo de grano y su humedad. En el segundo silo se usa aire ambiente.

La remoción del grano parcialmente seco del primero al segundo silo es intermitente. El ciclo de tiempo de la rosca depende del valor del caudal de aire, la humedad del grano y la temperatura del aire. (Figura 4.18)

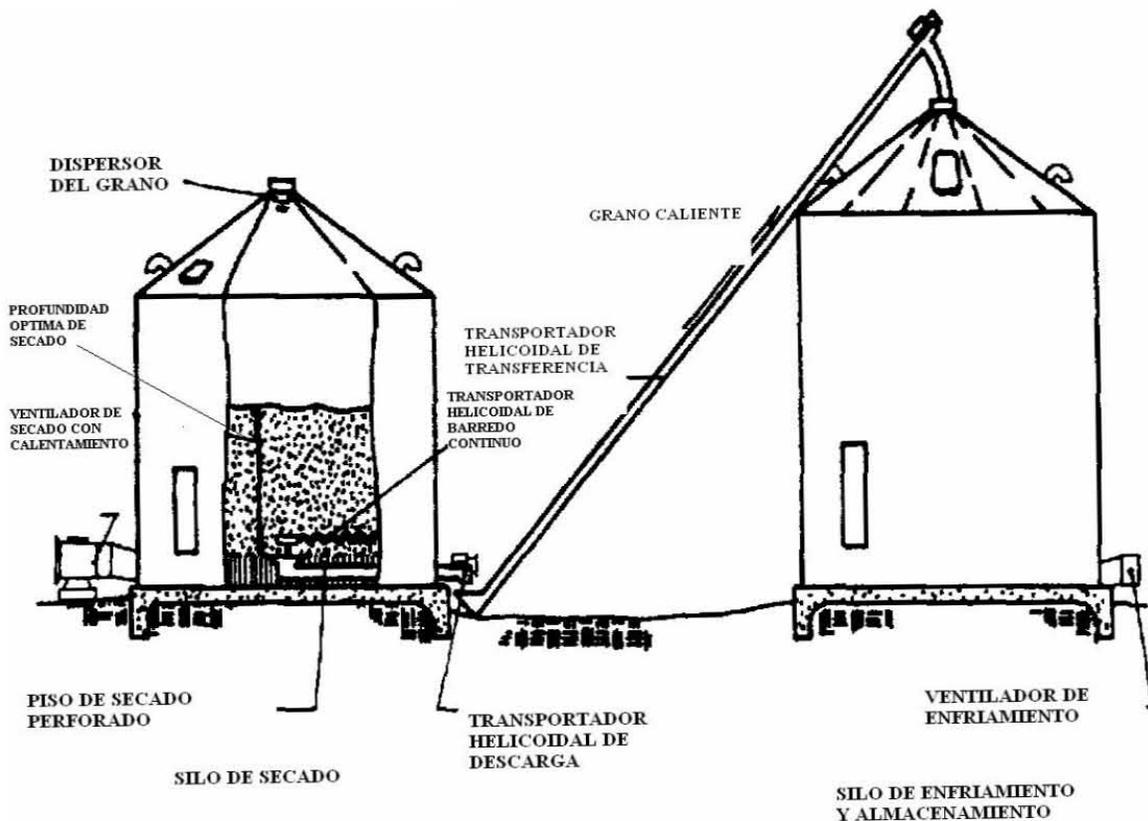


Figura 4.18 Proceso de secado y enfriado en silo.

4.5 Importancia del secado en el acondicionamiento.

Durante el secado del grano hay que cuidar de que la temperatura no suba demasiado. La humedad del grano, la temperatura y su tiempo de calentamiento, deben ser tomados en cuenta para establecer las condiciones de secado con seguridad.

La temperatura excesiva produce alteración de la proteína con la consiguiente degradación de la calidad panadera. La capacidad germinativa se reduce con temperaturas inferiores a las que perjudican el gluten. Así cuando se calentó trigo con 14% de humedad durante 36 minutos el gluten se alteró a temperaturas entre 70-85 °C, mientras que la germinación fue afectada adversamente a temperaturas de 64-72 °C. El trigo destinado a la molturación nunca debe secarse con aire a temperaturas superiores a 66 °C o con el grano temperaturas superiores a 60 °C (34).

El secado no ocasiona daños físicos marcados, pero si es demasiado rápido y se efectúa a temperaturas elevadas, puede hacer que se formen quebraduras por la tensión, así como ampollas y descoloramiento que tendrán repercusiones en la eficiencia de la molienda en seco y en otros procesos (22). Si se aplica suficiente energía para vaporiza la humedad del interior del grano, este se hinchará o reventará.

En lo que se refiere al secado, el arroz presenta numerosos problemas. El arroz como la mayoría de los cereales, es propenso a quebrarse, abrir fisuras o cuartearse, si se seca demasiado rápido. Para atenuar estos problemas se seca el arroz con aire calentado a menos de 65 °C por un tiempo de 15-30 minutos, con lo que elimina 2-3% de humedad, se deja luego atemperar⁹ el grano durante 12-24 horas y se pasa a otro ciclo, se continúa el proceso hasta alcanzar el grano la humedad de seguridad para conservarla de 12.5% o menos. Debido a que este proceso es caro por necesitar múltiple manejo del grano es eficaz contra las fisuras y cuarteamientos, debemos de cuidar las condiciones de secado para evitar este problema y no tener pérdidas económicas. (31) Entre otros problemas podemos encontrar como ya se mencionó en el cuadro 4.3 del capítulo de secado los daños causados por el mal secado.

⁹ Atemperar: deja que se equilibre la humedad interior del grano.

Capítulo 5 Almacenamiento

El almacenamiento tiene como principal finalidad el guardar parte o la totalidad de la cosecha, con los siguientes objetivos generales:

- Constituir una reserva de alimentos para épocas posteriores a la cosecha.
- Contar con semilla para el cultivo del próximo año.
- En espera de menores precios en el mercado.

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

La preservación y conservación de las cosechas representan hoy en día una cuestión vital. Toda la reserva que se destina a la alimentación del agricultor y su familia debe ser cuidadosamente beneficiada y conservada durante el almacenamiento para que no se altere su valor nutritivo. Por lo tanto, el propósito del almacenamiento es preservar la calidad de los productos agrícolas después de su cosecha, limpieza y secado.

Por ser organismos vivos, los granos requieren cuidados especiales para que sus cualidades se preserven durante el almacenamiento. El deterioro del grano no se puede evitar completamente, ya que por ser un organismo vivo respira como cualquier otro, consumiendo sus reservas y produciendo energía. El uso de técnicas adecuadas de producción, cosecha, secado, almacenaje y manejo minimizan el deterioro.

El contenido de humedad, la temperatura, los hongos, los insectos, las impurezas presentes en la masa de granos, los daños físicos y los roedores son factores que influyen en su conservación durante el almacenamiento. De estos factores, los principales que influyen en el deterioro de los granos son la temperatura y el contenido de humedad. En general, mientras más seco y frío se conserva el grano durante el almacenamiento, mayor será el periodo que permanecerá en buenas condiciones (51).

El elegir las condiciones más convenientes para el almacenamiento de cereales durante períodos prolongados, tiene una gran importancia económica; esto es mucho más acusado en las regiones en vías en desarrollo, donde es frecuente perder cerca de 30% de la cosecha, debido a roedores, insectos y otros factores de deterioro. Las deficientes condiciones de almacenamiento pueden originar algunos fenómenos indeseables:

- La germinación, que puede surgir finalizando el período de inactividad, presupone una proteólisis y una amilosis desfavorable a la panificación.
- La proliferación de mohos, puede dar lugar a la formación de micotoxinas.
- La oxidación química de los lípidos, pueden provocar la formación de compuestos de sabor desagradable.
- Los granos almacenados respiran y si ese fenómeno es demasiado rápido, puede motivar una elevada producción de calor y vapor de agua (11).

El almacenamiento puede variar desde el sencillo vertido del grano sobre el suelo, hasta el almacenamiento sobre grandes estructuras de cemento o equipadas de forma que puede bascular una vagoneta para vaciarla en cuestión de minutos. Se apila el grano sobre el suelo, solamente durante la temporada de recolección, cuando el equipo de transporte es escaso (31)

5.1 Causas de alteración de los granos durante el almacenamiento.

Durante el almacenamiento, los alimentos pueden alterarse por tres mecanismos:

5.1.1 Procesos físicos

El daño físico a la cubierta del grano o semilla, ya sea de tipo mecánico, debido a golpes recibidos por las máquinas, por las combinaciones durante la cosecha en el campo, o bien por el ataque de insectos, incrementa los riesgos en los procesos de conservación del grano durante el almacenamiento. El grano roto y/o dañado respira rápidamente que los granos completos o enteros bajo las mismas condiciones ambientales. Por otro lado, los

granos dañados son más susceptibles al ataque de microorganismos y bacterias y son una fuente de nutrientes para los insectos (49)

El envasado de cereales según el CODEX ALIMENTARIUS nos dice que los envases, incluido el material de envasado, deberá estar fabricado con sustancias que sean inocuas y apropiadas para el uso al que se destinan. No deberán transmitir al producto sustancias tóxicas, no olores o sabores desagradables. Cuando el producto se envase en sacos, éstos deberán estar limpios, ser resistentes y estar bien cocidos o sellados, para evitar que el producto se salga (47).

5.1.2 Organismos vivos

1) Insectos.

Los insectos constituyen un problema importante para el almacenamiento de granos y semillas. No obstante, los insectos consumen parte del grano, sino que también lo contaminan constituyendo un problema sanitario importante (31).

Los insectos poseen cuatro fases de multiplicación (huevo, larva, pupa, adulto). La larva posee aparato bucal masticador y es el estado que mayor daño causa. La pupa es una fase inmóvil en la que el insecto sufre grandes cambios y da lugar al adulto (13)

Los insectos causan daños a los granos y a las semillas en el almacén, este daño consiste en la destrucción y el consumo del grano por los insectos adultos y por los insectos en estado larvario, con fines alimenticios y de oviposición, además de la contaminación que ocasionan los excrementos y cuerpos muertos (49).

Los insectos pueden vivir de los cereales, se pueden dividir entre los que se desarrollan dentro de los granos y de los que viven fuera de los granos. Los que se desarrollan dentro de los granos, son responsables de la infestación oculta que se encuentra en el grano almacenado. Cinco especies son las responsables de ese daño oculto (gorgojo de

granero, gorgojo de arroz, gorgojo de maíz, taladores pequeños de los granos y la polilla Angoumois del grano). Los gorgojos depositan sus huevos en el interior de los granos. Los taladores de los granos inferiores y la polilla del grano hacen la puesta de huevos en el exterior de los granos, pero la larva recién incubada penetra dentro de ellos.

Los insectos que se desarrollan fuera de los granos, suelen alimentarse de granos rotos, polvo de los granos. Entre las especies importantes de este grupo, se encuentran los gorgojos confuso y rojo de la harina, el gorgojo en diente de sierra del grano, canastillas, gorgojos “khapra” y polilla india de la harina.

En general las temperaturas inferiores a 10 °C limitan el crecimiento y desarrollo de la mayoría de los insectos que atacan al grano. La humedad es otro factor importante para controlar la infestación. Generalmente humedades de 9% o inferiores restringen la infestación (31).

Tabla 5.1 % de granos dañados por diversas causas

DESCRIPCION	MAIZ	SORGO	AVENA	TRIGO	ARROZ
Granos defectuosos: granos dañados por insectos o gusanos, granos manchados, infectados, descoloridos, germinados, afectados por las heladas o dañados materialmente de otra manera. (LIMITE MAX)	7% del cual los granos infectados no deben exceder del 0.5% MAX	3% de los cuales el 0.5%MAX no pueden ser granos infectados	3% de los cuales el 0.5% MAX no pueden ser granos infectados	6% de los cuales el 1.5% MAX no pueden ser granos infectados	4 %

(CODEX ALIMENTARIUS 1995) (47).

2) Microflora y micotoxinas.

Los cereales son huéspedes de gran número de especies diferentes de microflora. Participan aquí, tanto los microorganismos que invaden toda la semilla, como los que son contaminantes superficiales. La microflora más importante, en cuanto a la conservación del grano se refiere, a los hongos, los cuales prosperan con humedades relativas del aire interpuesto muy inferiores a las necesarias para la microflora (31).

Las micotoxinas son productos del metabolismo de los hongos, y existen más de 80 tipos de las mismas. La primera determinada es la aflatoxina producida por el hongo *aspergillus flavus*. Se caracterizan por ser termoestables (las temperaturas normales no las afectan). Son particularmente sensibles a las micotoxinas especialmente los monogástricos. Son productoras de cáncer y cirrosis hepática, etc. Se mencionan como las micotoxinas más frecuentes: aflatoxinas, ocratoxinas, citrina y patulina (13)

Tabla 5.2 Especies toxigénicas de mohos de almacén.

ESPECIE	MICOTOXINA
<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxinas
<i>A.niger</i>	Acido oxálico
<i>A ochraceus</i>	Ocratoxinas
<i>Fusarium graminearum</i>	Zearalenona, tricotesenos
<i>Penicillium citricum</i>	Citrina
<i>P. verrucosum</i>	Ocratoxinas

Dendy David A.V. (2001)

Básicamente podemos hablar de: hongos, bacterias y levaduras.

De estos los hongos son los más importantes ya que pueden desarrollar con menores niveles de humedad siguiéndole las levaduras y por último las bacterias. Son un su totalidad microscópicos, observándose los únicamente a simple vista en un desarrollo muy avanzado (13).

Dentro de los hongos se pueden diferenciar:

- a) De campo
- b) De almacén.

Los de campo requieren altas humedades entre 22 y 23 % como por ejemplo el *Fusarium*. En cambio los de almacén requieren humedad relativa muy alta (70 %) (Ejemplos: *penicillium* y *aspergillus*) (13).

a) Hongos de campo.

Las esporas de los mohos de campo invaden los granos cuando aún están en la planta, en el período de crecimiento o esperando la recolección. La invasión se produce en condiciones húmedas. Que se dan incluso cuando aparentemente el tiempo es seco. Estos hongos requieren de contenidos de humedad de 25-30 %, por lo que detienen su desarrollo cuando las semillas alcanzan su madurez fisiológica. Los mohos de campo pueden provocar coloraciones anormales en los granos y transferir la infección a las semillas. Entre las especies de los hongos de campo se encuentran *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Helminthosporium*, *Rhizopus* y *absidia*. Los micelios en estado de reposo de los hongos de campo pueden sobrevivir durante años en las semillas almacenadas en condiciones secas (17).

Como ejemplo tenemos el egotismo se debe a un alcaloide por un moho, *Claviceps purpurea*, cornezuelo, que crece en los granos húmedos en condiciones húmedas. Este moho forma una masa púrpura muy aparente que es mucho más grande que el propio grano. El centeno y su derivado el triticale son particularmente susceptibles. La ingestión de alimentos elaborados con granos infestados produce espasmos musculares y una sensación de calor intenso en la piel acompañada a veces de gangrena en los pies (17).

b) Hongos de almacén

Las especies de hongos de almacén necesitan aire húmedo, con más del 80% de HR, para crecer aunque el grano puede contener el 17% de humedad. El *aspergillus flavus* es la especie más importante ya que entre las diversas toxinas que puede producir se encuentran las aflatoxinas, altamente peligrosas; son las sustancias cancerígenas naturales más potentes, provocando cáncer hepático. La toxicidad puede ser aguda provocando la muerte rápida. Aunque las enfermedades producidas por aflatoxinas son raras en los países avanzados, son aún comunes en las poblaciones rurales en los países en vías de desarrollo.

La mayoría de los mohos pueden sobrevivir con un contenido de humedad en el grano inferior al 17%; entre los que sobreviven se incluyen la especie *Aspergillus candidus*, que mata y cambia el color del germen. Los mohos más peligrosos son los que pueden sobrevivir entre el 17-18 % de humedad incluyendo tres géneros muy importantes *aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*, estos mohos pueden producir toxinas conocidas como micotoxinas, que son dañinas tanto para el hombre como para los animales (17).

Siempre están presentes los hongos de almacenamiento. Las pérdidas por almacenamiento debidas a microorganismos, se pueden controlar bajo casi cualquier medio ambiente. Solamente unas pocas especies de hongos atacan al grano almacenado. Estas son primordialmente especies de *Aspergillus*, que están adaptadas a vivir en grano con poca humedad. También crecen sobre grano con contenido de humedad discretamente elevado, ciertas especies de *Penicillium*.

Algunos hongos son capaces de producir sustancias tóxicas. Algunas de sus toxinas, resultan extraordinariamente tóxicas por ingestión o, ciertos casos, en contacto con la piel. Algunas toxinas de *Fusarium* matan los ratones o conejos en 24 horas tras su aplicación subcutánea

Las aflatoxinas son producidas por *Aspergillus flavus* y *Aspegillus parasiticus*. La presencia de aflatoxinas en el grano, presenta problemas para su consumo (31). Las especificaciones sanitarias se para los cereales y sus productos se refieren en el Anexo I

3) Roedores

Las ratas y los ratones representan un problema muy serio en el procesos de manejo y conservación de granos y productos alimenticios y se agudiza más en los casos de almacenes o trojes sin protección contra estas plagas, o en los casos en que se tiene que almacenar el grano en el campo en lugares no adaptados para ello, causando pérdidas cuantiosas. Las ratas y los ratones destruyen productos en cantidades diez veces mayores que lo que realmente pueden consumir como alimento.

Estos animales se reproducen 6 a 10 veces por año, con un promedio de 8 crías por parto, las que a su vez alcanzan la capacidad de reproducción a la edad de 3 a 4 meses. La alimentación directa y contaminación de granos son dos tipos de daños que producen las ratas. Las ratas son transmisoras, cuando menos de 10 graves enfermedades, incluyendo el tifo endémico (a través de las pulgas y los ácaros), así como la poliomeilitis (49)

Existen 3 roedores muy comunes la rata café, la rata de albañal o rata Noruega es la más grande y pesada de estos roedores, y la rata negra o de los tejados, que atacan granos almacenados, y esta plaga se caracteriza por su poder de multiplicación y adaptación. Mas allá del importante consumo que producen se comportan como verdaderas máquinas de contaminación, dada la cantidad de materia fecal y orina que producen, además de perder muchos pelos.

Son transmisores de: peste bubónica, tifus, lepra, cólera, mal de los rastros. Poseen una buena capacidad de desplazamiento y muy desarrollado el olfato y el oído y se desarticulan totalmente.

Se debe de aplicar los métodos más apropiados para su control, uno de los cuales puede ser la utilización de cebos envenenados, en cuyo caso es necesario tener sumo cuidado de que no sean ingeridos por animales domésticos, niños u otras personas. Además tener siempre limpio el lugar del almacenamiento, recogiendo todo el grano que se derrama para que no constituya una fuente de alimento de fácil acceso al roedor. Se recomienda poner barreras para impedir el acceso de los roedores al lugar de almacenaje (13).

5.1.3 Actividad bioquímica propia del alimento

La respiración, sobremaduración, pardeamiento y envejecimiento pueden reducir la calidad y utilidad de los cereales. Los tres factores principales que influyen en la conservación de un determinado producto son la temperatura, la humedad y el medio ambiente (7).

1) Humedad, factor primordial para el almacenamiento.

Todos los granos de cereal contienen humedad. Esta cantidad de humedad depende de una serie de factores. Particularmente ciertas especies de hongos, son causa importante del deterioro del grano. Con bajos contenidos de humedad, no prosperarán los hongos, pero con un 14% o poco más, empiezan el desarrollo fúngico. Entre 14 y 20% un pequeño aumento del nivel de humedad, hace variar grandemente la velocidad de crecimiento (figura 5.1), si se van a almacenar cereales durante algún tiempo, es importante conocer la cantidad de humedad de cualquier porción del grano almacenado (31).

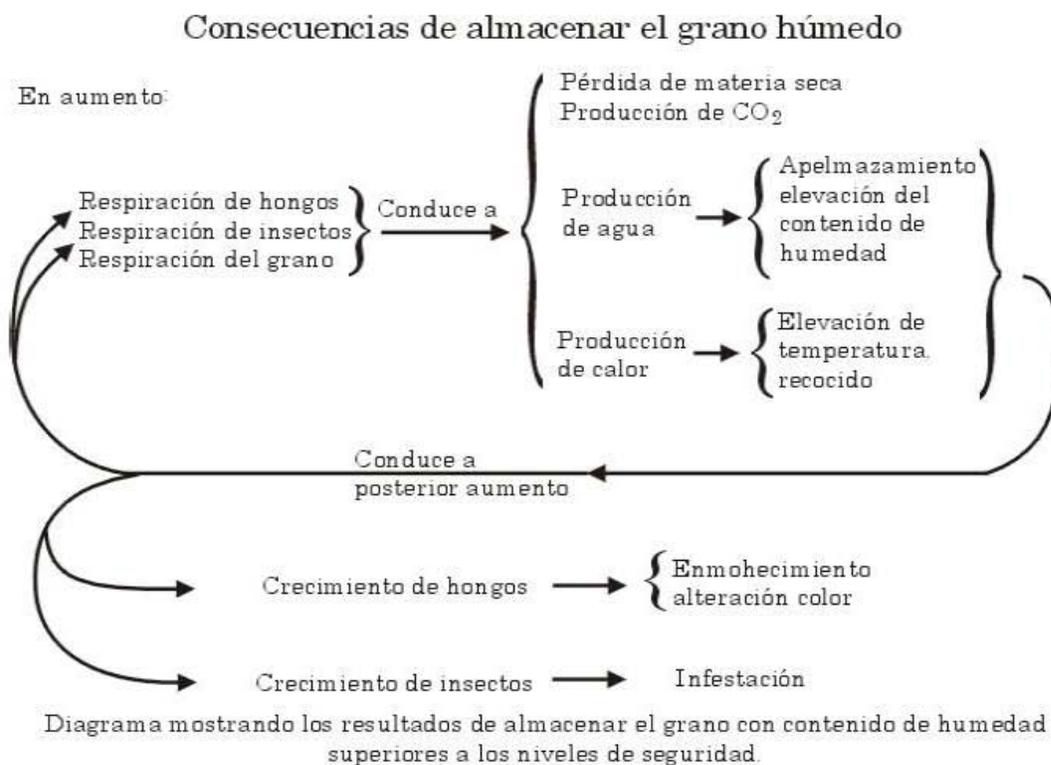


Figura 5.1 Diagrama mostrando los resultados de almacenar el grano con contenidos de humedad superiores.

La velocidad de las diversas reacciones de deterioro depende sobre todo de la temperatura y de la humedad relativa. En la práctica el contenido de agua más favorable para el almacenamiento de los granos de cereales es de 10-13%. No obstante el almacenamiento prolongado, a temperaturas superiores a 20 °C, puede ser necesario un contenido inferior al 9%. El conseguir un contenido tan bajo de agua exige el secado de

granos, que debe hacerse con precaución, porque por encima de determinado tratamiento térmico, pueden dañar la calidad nutricional del grano, así como perder las características de funcionalidad que dan algunas proteínas y el almidón (11).

La velocidad de las reacciones bioquímicas en los alimentos aumenta con la temperatura (7).

Si el contenido de humedad de los granos es elevado, ello implica, como ya hemos indicado, un aumento de los riesgos de pérdidas por aparición de insectos y moho durante el almacenamiento, en particular los mohos, aparte de que modifican el olor, el gusto y el color de los granos, pueden hacer que los productos no sean aptos para el consumo humano o animal, a causa de la producción de sustancias tóxicas peligrosas (micotoxinas). Aparte de estos aspectos técnicos, existen factores económicos que intervienen en el precio de los productos que se venden húmedos.

Algunos granos húmedos pueden continuar secándose mientras están almacenados, con la consiguiente pérdida de peso que se traduce necesariamente en una pérdida monetaria en las transacciones comerciales sucesivas. Es pues necesario establecer en las ventas precios diferenciados según el contenido de humedad de los productos, tanto para reconocer los esfuerzos de los que venden y para incitarles a efectuar mejor el secado de los productos como para ofrecer una garantía a los compradores (1)

2) Temperatura.

Los granos se conservan mejor a bajas temperaturas. Las temperaturas inferiores, generalmente impiden que los insectos que atacan el grano, aumenten en número con rapidez. El ataque microbiológico es también dependiente de la temperatura. Por ello es conveniente disminuir la temperatura del grano que se va almacenar. En la figura 5.2 puede observarse que los granos secos pueden almacenarse sin peligro de hasta 17 °C, pero al aumentar el contenido de humedad se hace necesario emplear temperaturas reducidas. En términos generales cuanto más secos y a menor temperatura se encuentren los granos más tiempo se conservarán (7).

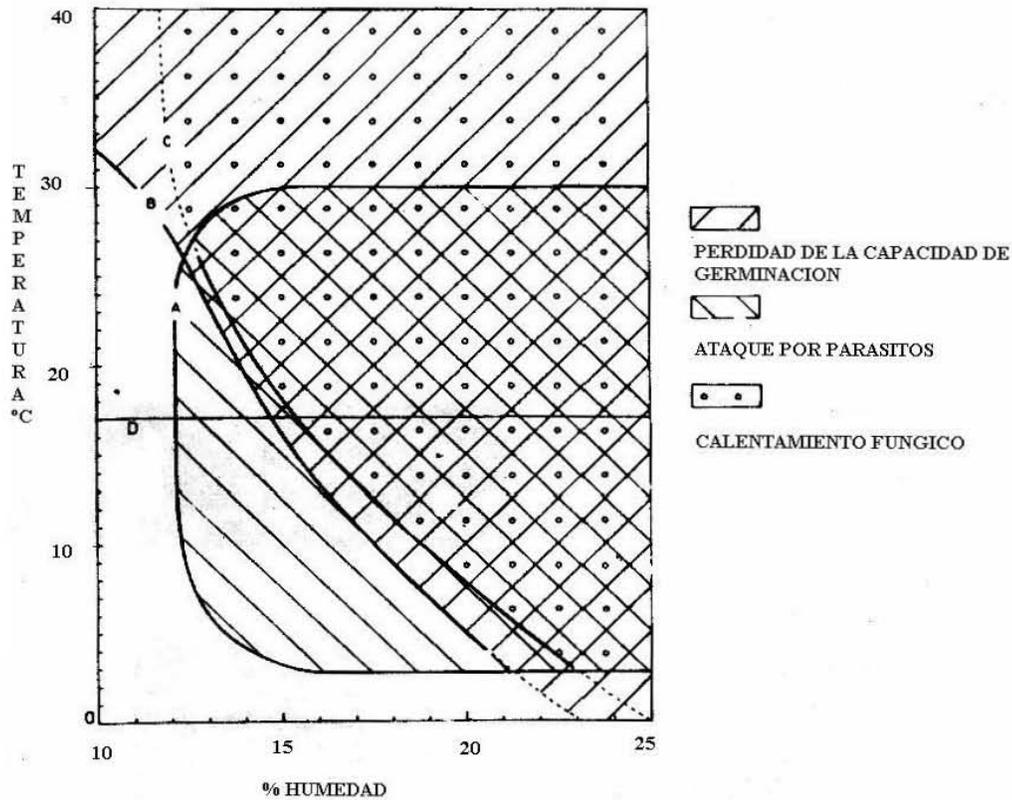


Figura 5.2 Efecto del contenido de humedad de los granos a temperatura en el calentamiento debido a los insectos (por encima de la línea D), en la pérdida de la capacidad de germinación al 95% después de 35 semanas de almacenamiento (a la derecha de la línea B), en el calentamiento húmedo (a la derecha de la línea C) y en el ataque de los parásitos (zona sombreada dentro de la línea A). (Gráfica obtenida en el *Pest Infestation Control Laboratory*. Reproducida con permiso del Controller, HM Stationery Office. Brennan J.G (1980)

Cuando se almacena un lote de grano, en una zona en la que hay grandes variaciones estacionales de temperatura, los cambios de temperatura conducen a discontinuidades de temperatura en el conjunto de la partida. Se establecen corrientes de convección de aire, que provocan migraciones de humedad, con el resultado de acumulación de humedades en lugares particulares de la masa (figura 5.3). La aireación corrige esta condición, ya que el movimiento de aire por la masa de grano, iguala la temperatura y disminuye la acumulación de humedades. (31)

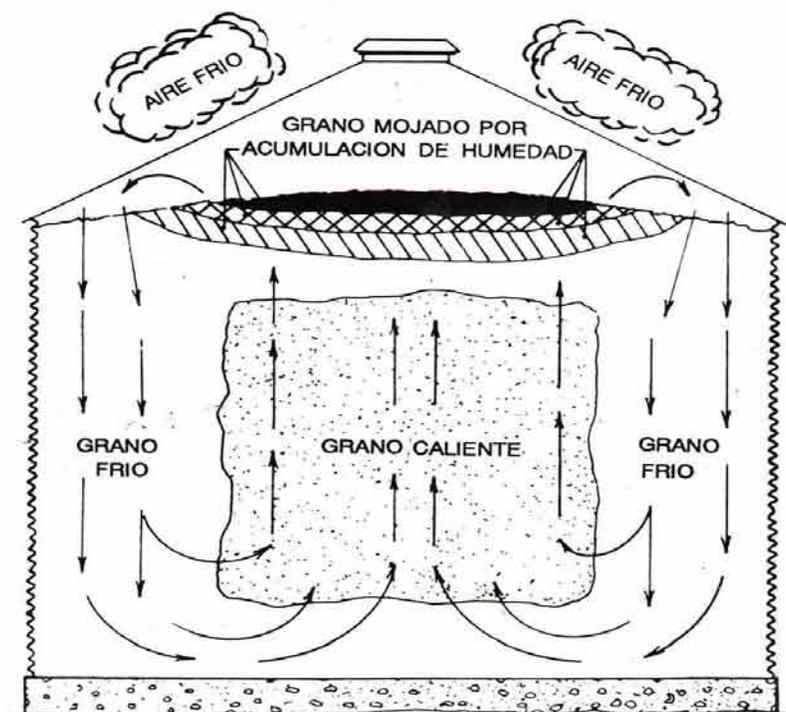


Figura 5.3 Migración de humedad en el grano almacenado, cuando baja la temperatura exterior

3) Proceso respiratorio

Como ya se mencionó los granos son organismos vivos que continúan viables y respiran. Como consecuencia del proceso respiratorio en los granos puede ocurrir una pérdida de peso y un calentamiento de los granos.

El grano almacenado bajo condiciones razonables, perderá peso lentamente a causa de la respiración. En general, si se almacena el grano convenientemente, la pérdida de peso es muy lenta (31).

Existen dos clases de calentamiento en los granos:

- Calentamiento de granos secos o calentamiento ocasionado por insectos que pueden desarrollarse en los granos con humedad cercana al 15 % o menos, lo que produce temperaturas de hasta 42 °C.

- Calentamiento de granos húmedos ocasionado por microorganismos que se desarrollan en los granos con humedad de 15% o superior, lo que produce temperaturas de hasta 62 °C (14).

Estos dos tipos de calentamiento se pueden desarrollar simultáneamente en la masa de granos, por lo que el calentamiento de granos secos se puede convertir en calentamiento de granos húmedos (figura 5.4) (51).

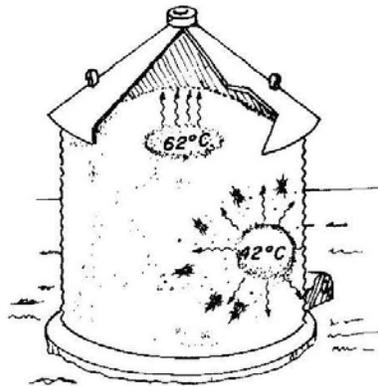


Figura 5.4 Formación de zonas de calentamiento debido a la humedad y desarrollo de insectos.

5.2 Medidas de prevención para evitar deterioro de granos en el almacén.

Para evitar aumento de la temperatura y humedad es necesario que los almacenes cuenten con un sistema de aireación el empleo de la ventilación o aireación previenen y evita el calentamiento espontáneo de los granos cuando para ello se emplea aire frío y se utiliza para reducir la humedad del grano cuando ha sido almacenado fuera de los límites de humedad para su conservación. En lotes de granos almacenados con humedades superiores al 14% el calentamiento se produce con facilidad, porque resulta de la actividad respiratoria; el calor se produce con rapidez, resultando el aumento de la temperatura (49).

Si las semillas o granos se cosechan con altos contenidos de humedad, deben secarse oportunamente; si no es posible, al menos deben ventilarse inmediatamente en algún almacén temporal con sistema de aireación. Los efectos de la alta humedad repercuten negativamente en la calidad de las semilla, como ya se ha explicado ampliamente; por ello,

si la humedad es superior a 18%, se recomienda que las semillas no permanezcan en estos almacenes por más de 24 horas sin ser secadas. Con estos niveles de humedad es conveniente iniciar el secado con aire natural y elevar la temperatura paulatinamente, a medida que va disminuyendo la humedad de las semillas. Si el secado se realiza muy rápidamente, se corre el riesgo de fisuras en las semillas debido al gran gradiente de humedad en ellas; por otra parte, si se realiza muy lentamente, las semillas pueden estar húmedas y desarrollar un ambiente propicio para los microorganismos y para calentamientos en la masa de las semillas.(50)

Para mantener la calidad de los granos y semillas después de la cosecha, es necesario acondicionar o preparar el producto a través de varias operaciones para que puedan cumplir los estándares de mercado establecidos y poder comercializarlos. Esto también implica que al manejar grandes volúmenes de granos y semillas sujetos a la oferta y la demanda del mercado almacenarlos temporalmente a granel durante periodos de semanas o meses en los cuales las condiciones ambientales y los microorganismos pueden afectar la calidad de los mismos si estos no se mantienen a temperaturas relativamente bajas y contenidos de humedad menores o iguales al 14%

Mantener un granel seco y fresco en silos y depósitos sobre todo en lugares con climas templados y cálido húmedo requieren forzosamente de un sistema de aireación mecánico diseñado en función de la especie que se va almacenar la capacidad de los depósitos y las condiciones ambientales del lugar.

La aireación de los granos y de las semillas consiste primordialmente en hacer pasar un pequeño flujo de aire ambiental forzado por un ventilador a través de la masa de granos con el fin de enfriar y homogeneizar los focos de calentamiento, producto de la migración de humedad que a su vez generan en las semillas pérdidas de germinación, aceleran la respiración de los granos, eleva su temperatura y propician el ataque de insectos a temperaturas mayores a 17 °C y de hongos a temperatura de 23 °C.

La similitud que existe entre el equipo de aireación y el que se utiliza para secar los granos, hace que frecuentemente algunos supervisores de los almacenes confundan los preceptos de estas operaciones. En el secado se busca disminuir el exceso de humedad de los granos a niveles seguros de conservación en el menor tiempo posible y requiere de un equipo que force grandes volúmenes de aire caliente. Por esto es importante entender bien las diferencias en los objetivos que existen entre estas dos operaciones y así evitar lo que es muy común: tratar de secar los granos cuando en realidad están solo ventilándose o viceversa.

Ventajas que ofrecen contar con una adecuada aireación en los silos o almacenes para conservar productos a granel: (37)

- ✓ Evita la migración de la humedad en la masa de las semillas manteniéndolas a una temperatura uniforme. La transferencia de agua y calor dentro de los depósitos se suprime evitando acumulaciones de humedad en algunas partes de la masa del granel provocando calentamiento espontáneos.
- ✓ Mantiene el granel fresco y seco para prevenir calentamiento y ataques de hongos e insectos.
- ✓ En algunos casos, dependiendo del tipo de depósito puede facilitar la aplicación del fumigante a través de los ductos de aireación, así como eliminar olores o ranciedades en los granos.
- ✓ Las calidades nutritivas y tecnológicas de los granos se mantienen al nivel de fueron cosechados.
- ✓ Las pérdidas de materia seca son mínimas al mantenerse en reposo los granos, debido a que se bloquean los mecanismos respiratorios del producto y de los microorganismos.
- ✓ Enfriar los granos que previamente fueron secados con altas temperaturas.

5.3 Métodos de almacenamiento.

Entre los sistemas de almacenamiento disponibles existen varias opciones, algunas a nivel rural y otras para almacenar mayores volúmenes de granos. La elección del mejor sistema depende de: (51)

- el tipo de producto
- los métodos de manejo (granos ensacados o a granel)

- las instalaciones que ya existen
- el costo y de la disponibilidad financiera
- la mano de obra disponible, y
- la cantidad de grano que se quiera almacenar. (51)

La conservación de granos o semillas depende de la disponibilidad de las condiciones en que se encuentra el grano es decir, sano, limpio y seco, y de la facilidad de tener una troje, bodega, almacén o silo, que mantenga la condición del grano almacenado y lo proteja de los factores adversos, durante un corto o largo período de almacenamiento (49).

El almacén debe proteger al grano de la humedad y de temperaturas extremas (máximo 30 °C) que los perjudican de la presencia y desarrollo de microorganismos, así como de insectos y de roedores. Además debe contar con facilidades mecánicas para la limpieza, el transporte y el almacenamiento. Es fundamental que el lugar cuente con paredes secas, techos sin goteras y pisos sin humedad; además de las puertas y ventanas funcionen apropiadamente, para evitar la entrada a pájaros y roedores. Es indispensable la limpieza de la bodega a sus alrededores, eliminando residuos de granos, costales viejos y usados, y La basura, ya que todo esto sirve como foco de infestación de plagas. Una vez limpia y reparada la bodega, ésta debe asperjarse con insecticidas residuales. Las paredes, el techo y el piso se deben asperjar hasta el escurrimiento con materiales como el Fosforo de aluminio, dos semanas antes de almacenar el grano. Después de la aspersión, debe abrirse la bodega el tiempo necesario para que el exceso de humedad se evapore. Este tratamiento debe efectuarse también alrededor del almacén por el exterior, asimismo deben taparse las madrigueras de ratas y aplicar materiales apropiados, antes de almacenar el grano (49).

Entre los métodos de almacenamiento se dividen en dos tipos principalmente que son: En sacos y a granel.

El almacenamiento a granel requiere de maquinaria y de equipo especial, y se emplea particularmente para maíz, trigo, sorgo, cebada, frijol, soya garbanzo, y otros

granos, habiendo comprobado que, en almacenes adecuados tiene muchas ventajas en las prácticas de acondicionamiento y manejo, se describirán más adelante (49).

El almacenamiento en sacos, es el procedimiento más comúnmente usado, sobre todo a nivel rural, en pequeños comercios y en bodegas de volumen reducido. Aunque el grano en sacos representa un medio fácil de manejar en casos específicos, tiene una gran desventaja de requerir mucha mano de obra para su movimiento y en lugares donde ésta escasea y es cara, el costo del movimiento de granos es alto y grava el precio por unidad de peso o de volumen.

El almacenamiento en costales debe hacerse sólo en buenas bodegas limpias, adaptadas con el equipo indispensable y en áreas ecológicas cuyo clima sea favorable a la conservación del grano (seco y frío) y desfavorable a las plagas (49)

El muestreo y la constante vigilancia del grano almacenado por cualquiera de los dos métodos mencionados deben ser eficientes y sistemáticos para tomar con oportunidad las medidas que se crean convenientes para su conservación (49).

La calidad de los productos en el momento de la venta depende principalmente de los factores siguientes:

- contenido de humedad,
- adulteración y contaminación (materia extraña)
- infestación. (2)

La calidad del grano permitirá decidir no solamente sobre la forma de almacenar sino también sobre la instalación que se pretenda utilizar. La calidad podrá ser indicativo para un almacenamiento encostado o a granel, o para la utilización de una bodega plana o un silo vertical; bajo el criterio de tener mayores facilidades y posibilidades para el manejo y conservación del grano. Su constante vigilancia será esencial para asegurar la entrega del producto de buena calidad.

La evaluación de calidad podrá ser el antecedente técnico para el desalojo de un almacén cuando el índice de deterioro que se determine en el producto sea elevado y las condiciones y facilidades para su control sean accesibles.

En la evaluación de la calidad de los granos se miden también algunos parámetros como la humedad y el contenido de impurezas, empleando aparatos y equipos.

La metodología general para la evaluación de la calidad física de los granos está conformada por los siguientes eventos:

- La obtención de una muestra para análisis o muestreo. Las técnicas de muestreo son de naturaleza aleatoria.
- El análisis sensorial. Tiene como finalidad la determinación de la calidad organoléptica del producto.
- La homogenización y división de la muestra.
- La medición del contenido de humedad.
- La determinación del contenido de materia extraña.
- La evaluación de infestación. Implica realmente la determinación de la calidad sanitaria del grano desde el punto de vista de presencia de plagas y consiste el análisis visual con el propósito de detectar la presencia de insectos en estado adulto o larvario.
- El análisis selectivo. Consiste en la selección de los granos que presenten algún rasgo evidente del ataque de los distintos agentes causantes de daño.(44)

El resultado de cualquier test de calidad, y por lo tanto la determinación del valor comercial de un lote de granos, depende de lo representativa del lote que sea la muestra. Generalmente son tomadas pequeñas submuestras de grano para obtener una muestra representativa y frecuentemente estas submuestras son mezcladas para obtener un valor medio de la muestra completa. Este proceso proporcionará un valor medio, pero no proporcionará información sobre la variabilidad del granel recibido (17).

Los planes de muestreo tienen como objetivo principal, establecer las disposiciones sobre calidad normas para los productos del CODEX. Para los fines de estos planes de muestreo, la calidad se refiere a los factores o características del producto evaluado por

medios organolépticos o físicos, tales como el color, sabor, textura, defectos, tamaño y aspecto (48).

Según la Norma Oficial Mexicana en un anteproyecto de norma PROY-NOM-000-SSA1-2005, el muestreo de cereales debe de hacerse como se especifica en el Anexo II. Apéndice Normativo B. Muestreo de cereales (48).

5.3.1 Almacenamiento en sacos.

Este método consiste en conservar los granos, previamente secos y limpios, en sacos (de fibra vegetal o de materia plástica) y en apilar éstos ordenadamente en espacios convenientemente acondicionados (51).

Los agricultores meten el grano en sacos y los apilan en granero. Si los sacos y los graneros están bien hechos hay pocos problemas y los agricultores pueden controlar las plagas (17).

Existen varias maneras de realizar el almacenamiento de los granos en sacos. Pueden apilarse éstos al aire libre, protegidos con lonas, o bien en el interior de almacenes, hangares o depósitos. En ciertos casos y sobre todo para las semillas, el almacenamiento de los granos en sacos se realiza en almacenes refrigerados (23).

El almacenamiento en sacos tiene la gran ventaja de que el grano se puede mover fácilmente en el almacén, se puede transportar fácilmente en las furgonetas comunes hasta el mercado o a otro almacén y todo se puede hacer manualmente, aunque algunas veces se utilicen carretillas mecánicas (517).

Tipos de los sacos

1) Sacos de fibras vegetales

La elección del tipo de saco debe hacerse teniendo en cuenta no sólo su resistencia mecánica y su resistencia a la acción de la humedad, del sol y de los animales dañinos, sino también el tipo de manipulación previsto.

Las fibras vegetales utilizadas para la fabricación de sacos son el yute, el algodón y el sisal. El saco de yute es el más utilizado en el mundo; en efecto, reúne las cualidades de una buena capacidad de resistencia y un costo relativamente moderado. Puede ser reutilizado varias veces, ya que posee una buena resistencia mecánica que reduce los riesgos de desgarraduras; además, protege eficazmente a los granos contra la acción del sol.

En contrapartida es que se trata de una fibra relativamente pesada cuya textura no es adecuada para el embalaje de granos de pequeñas dimensiones. Por otra parte, el yute absorbe fácilmente la humedad y ofrece poca resistencia a los ataques de insectos y roedores. Para paliar parcialmente los inconvenientes que trae la penetración de la humedad, pueden forrarse los sacos con material plástico, o bien recubrirlos con lonas impermeables. La manipulación de los sacos de yute es fácil, pues se trata de un material que poco se resbala; es posible, por lo tanto, levantar pilas de una altura relativamente importante.

El saco de algodón se utiliza todavía para el embalaje de productos que al ser transformados han adquirido un cierto valor añadido, como las harinas o el azúcar. En efecto, sus características son prácticamente las mismas que las del yute, salvo que el saco de algodón es más ligero, más difícil de coser, y de un costo relativamente mayor.

El saco de sisal, es más áspero que los demás sacos de fibras vegetales, apenas se utiliza ya fuera de los países que producen esta fibra (México, Brasil y ciertos países africanos). Sus características son comparables a las de los sacos de yute.

Los sacos de papel son más vulnerables y de una manipulación más delicada. Ofrecen muy poca protección contra la humedad y los insectos, por lo que deben almacenarse en buenas condiciones. Se utilizan en particular para el embalaje de semillas.

Otras fibras vegetales, cáñamo y lino, no se utilizan ya prácticamente para la fabricación de sacos de embalaje, a causa de sus costos demasiado elevados.

2) Sacos de fibras plásticas

Estos sacos pueden fabricarse enteramente de materia plástica (polipropileno) o presentar un tejido mixto (fibra vegetal y fibra plástica). Actualmente está muy generalizado para el embalaje de granos el uso de sacos de polipropileno, que compiten fuertemente con los sacos tradicionales de yute. Estos sacos ofrecen la ventaja de ser muy resistentes, imputrescibles e impermeables a los cuerpos grasos. Sin embargo, deben recibir un tratamiento para resistir a la acción del sol, ya que el polipropileno sufre una degradación por efecto de la luz. Bien tratado, un saco de polipropileno puede reutilizarse durante 6 a 12 meses. Su costo, por otra parte, es más elevado que el de los sacos de yute. Su manipulación resulta más difícil, pues se trata de una fibra muy resbaladiza, que no permite levantar pilas de altura importante.

Tamaño de los sacos

La capacidad de los sacos es generalmente de 50 kg (100 x 55 cm, o 100 x 60 cm), sean de fibras vegetales o de fibras plásticas. Sin embargo en ciertos países esta capacidad puede llegar hasta cerca de 100 kg. Lo que hace poco cómodas las operaciones de manipulación.

Parece pues conveniente, para facilitar las operaciones de recepción y suministro de granos en sacos, una normalización de las capacidades y los tamaños de estos embalajes.

A título indicativo, presentamos en la tabla 5.3 los pesos que se consideran normales para los sacos de diversos productos (2).

Tabla 5.3 Pesos de los sacos con granos

GRANOS	PESOS NORMALES DE LOS SACOS
Arroz cáscara	64 kg
Arroz elaborado	45-100 kg
Maíz, sorgo, frijoles, trigo, mijo	90 kg
Maní en vainas	29-45 kg
Maní descascarado	74-84 kg
Soja	65 kg
Algodón en grano	50 kg
Cacao en grano	60-90 kg
Café en grano	60-65 kg
Harinas	45kg

Depósitos y almacenes

Características de los almacenes

Trátase de simples cabañas transformadas por los productores en almacenes o de depósitos modernos y bien equipados, las estructuras de almacenaje deben responder a las exigencias siguientes:

- Impedir la rehumectación de los granos;
- Proteger los granos contra las temperaturas elevadas,
- Impedir el acceso de insectos, roedores y pájaros;
- Facilitar el control del estado de conservación de los granos;
- Permitir el tratamiento a su debido tiempo de los sacos y de los locales con productos insecticidas;
- Facilitar el uso de máquinas para el desplazamiento y el transporte de los sacos (55)

Localización y orientación de las construcciones

La protección eficaz de los granos almacenados contra los agentes atmosféricos (sol, lluvia, humedad) y la funcionalidad de las estructuras de almacenamiento dependen de una

buena localización y de una buena orientación de las construcciones. A este respecto, las construcciones destinadas a almacenes deben reunir estas condiciones:

- Estar situadas, en la medida de lo posible, en zonas poco húmedas y no expuestas a inundaciones; hay que evitar por lo tanto las zonas bajas, los terrenos arcillosos o mal drenados, y la proximidad de ríos y lagos;
- Estar localizadas fuera de las aglomeraciones y, si es posible, en zonas equidistantes de los lugares de producción agrícola y cerca de vías de comunicación importantes;
- Estar situadas, en la medida de lo posible, cerca de las redes de distribución eléctrica y de suministro de agua;
- Estar orientadas según el eje este-oeste, de manera que sean las fachadas menores las más expuestas al sol (55).

Gestión del almacenaje en sacos

Para organizar debidamente las actividades de recepción y almacenaje de los granos suministrados o depositados en sacos es necesario respetar las reglas generales siguientes:

- Evitar la recepción de cantidades de granos superiores a la capacidad del almacén, la cual depende también del número de lotes individualizados que se pretende establecer.
- Guardar únicamente productos bien secos y limpios;
- Reacondicionar los productos en caso de sacos mojados, desgarrados, o cuando la calidad de los granos parezca dudosa;
- Levantar pilas de sacos estables y fácilmente accesibles;
- Prever, al levantar las pilas, la individualización de los lotes, separándolos por tipo de producto, calidad y fecha de entrada en el almacén;
- Aplicar el principio según el cual el primer lote en entrar debe ser el primero en salir;
- Cuidar de la higiene y del buen estado de los locales y sus inmediaciones, de los instrumentos y materiales y de los productos almacenados (55).

1) Almacenes convencionales

Es una estructura propia para almacenamiento de productos envasados en **sacos**. El almacenamiento se realiza en estibas o lotes individuales de un mismo producto agrícola. La operación del almacenamiento en sacos es más lenta, pues requiere mucha mano de obra; esta característica es una ventaja considerable en regiones con alto porcentaje de mano de obra inactiva y con deficiencias en el suministro de energía eléctrica, o cuando se manejan volúmenes de granos relativamente pequeños. Este tipo de almacenes sirve para

almacenar toda clase de productos como maíz, frijón, arroz, trigo, soja, sorgo y café, así como otros productos no comestibles.

Por otra parte, en unidades centrales de almacenamiento de alta capacidad, el manejo de los productos debe ser eficiente, razón por la cual la unidad debe contar con equipos adecuados para que los flujos de las operaciones básicas tengan el mayor nivel de mecanización posible. Los almacenes convencionales son ideales para centros de acopio rurales, ya que su costo de inversión es inferior al de los silos y equipos mecanizados (55).

Manejo del almacén. Para que un almacén convencional ofrezca seguridad durante el almacenamiento es necesario mantenerlo en buen estado antes y durante el almacenamiento del producto, evitando las pérdidas innecesarias. Antes de poner el producto en el almacén se recomienda seguir las siguientes instrucciones:

- Inspeccionar el techo y asegurar su integridad.
- Mantener las puertas, ventanas y tragaluces en buenas condiciones para evitar la entrada de ratones y pájaros.
- Reparar las paredes, pisos y techo del almacén para que no tengan agujeros donde puedan alojarse insectos y ratones
- Limpiar las paredes y el techo del almacén y barrer el piso.
- Pulverizar el piso, paredes y equipos con un insecticida adecuado.
- Planificar la utilización del almacén: cuente el número de sacos que van a ser almacenados y haga la delimitación del área útil del almacén.
- Distribuya en el almacén las tarimas de 1,60 m de largo por 1,40 m de ancho. El espacio entre las paredes y las tarimas debe tener como mínimo 70 cm.
- Analizar la humedad de los granos y si están secos envasarlos todos con el mismo peso, verificando antes si los sacos no están deteriorados o agujereados.
- Haga el estibado poniendo como máximo 20 capas de sacos en cada estiba y haciendo el amarre.
- Ponga una etiqueta indicando el tipo de producto, la cantidad de sacos y la fecha del inicio del almacenamiento en cada pila (55).

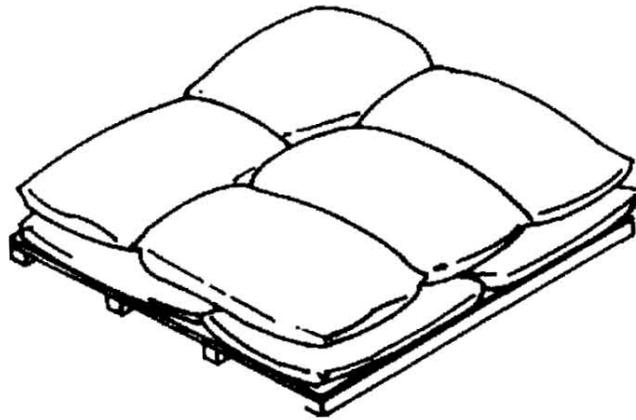


Figura 5.5 Construcción del estibado.

Después de poner el producto en el almacén, se debe observar lo siguiente.

- Mantener el almacén limpio y las estibas arregladas.
- Inspeccionar el almacén y las estibas del producto por lo menos una vez a la semana. Inspeccionar con cuidado la presencia de insectos, ratones o focos de calentamiento (55).



Figura 5.6. Vista general de las estibas.

- Hacer un control sanitario de las estibas con un insecticida adecuado cuando el producto entra en el almacén.
- Pulverizar las estibas con un insecticida residual.
- Durante el almacenamiento, sacar muestras para determinar la humedad de los granos. Si hay infestación, repetir la operación de aplicación de insecticidas (55).

Adaptación del almacén convencional para almacenamiento a granel (piscina)

Los almacenes de tipo convencional, usados generalmente para el almacenamiento de productos ensacados, pueden ser adaptados para almacenar productos a granel. Es costumbre llamar a esta adaptación "piscina". En la "piscina" deben ser instalados ductos de aireación que pueden ser contruidos con los materiales disponibles en el mismo almacén, tales como sacos y tarimas de madera (figura 5.7).

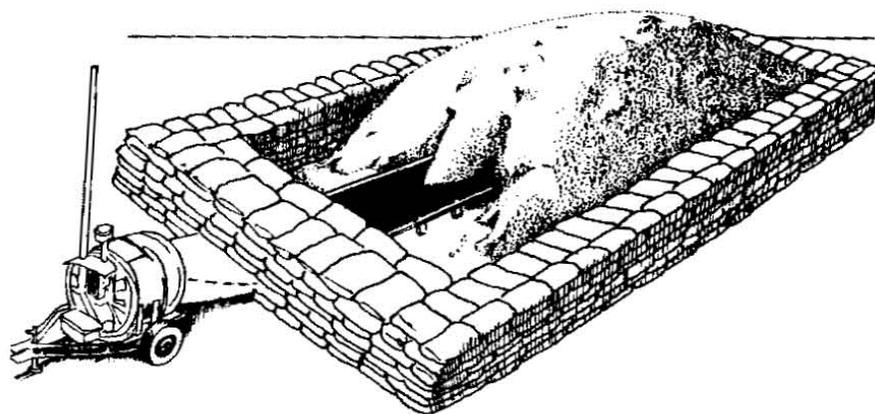


Figura 5.7 "Piscina" para el almacenamiento de granos.

Uso. La "piscina" se usa para almacenar granos a granel y se puede construir utilizando todo el almacén o solamente una parte.

Manejo. Compruebe que los granos tengan un contenido de humedad adecuado para el almacenamiento y a continuación:

- llene la "piscina" manualmente o utilizando equipo mecánico para el transporte de los granos;
- haga una aplicación de insecticida;
- aplique aireación preventiva a la masa de granos conectando el ventilador cuando la humedad del ambiente no sea alta. Airear en condiciones de alta humedad relativa puede causar rehumedecimiento del grano, con serio peligro para su calidad;
- muestre periódicamente la masa de granos para comprobar la humedad, la infestación por insectos, los focos de deterioro y otras anomalías;
- mida la temperatura del interior de la masa de granos utilizando una sonda portátil.

Construcción

- Marque el área para facilitar el alineamiento de las paredes de la "piscina"
- Marque el lugar donde será instalado el ducto de aireación, siempre en dirección longitudinal de la "piscina"
- Cubra el área marcada con una película de plástico, para evitar que el producto quede directamente sobre el piso del almacén.
- Ensaque el producto que será usado para la construcción de las paredes de la piscina, teniendo cuidado de que los sacos tengan el mismo peso del producto.
- Ponga la primera capa de sacos para formar la base de la pared y del ducto de aireación
- Coloque la segunda capa poniendo los sacos en dirección contraria a la primera, para amarrar los muros de la piscina.
- Continúe colocando las capas alternadamente hasta la altura deseada.
- Ponga tarimas de madera sobre los sacos que forman el ducto de aireación
- Cubra las tarimas del túnel con sacos de yute o sisal vacíos, aprovechando los que han sido descartados por estar rotos. Asegúrese que estén limpios y sin insectos.
- Instale el ventilador conectándolo al ducto de aireación (figura 5.8). (51)

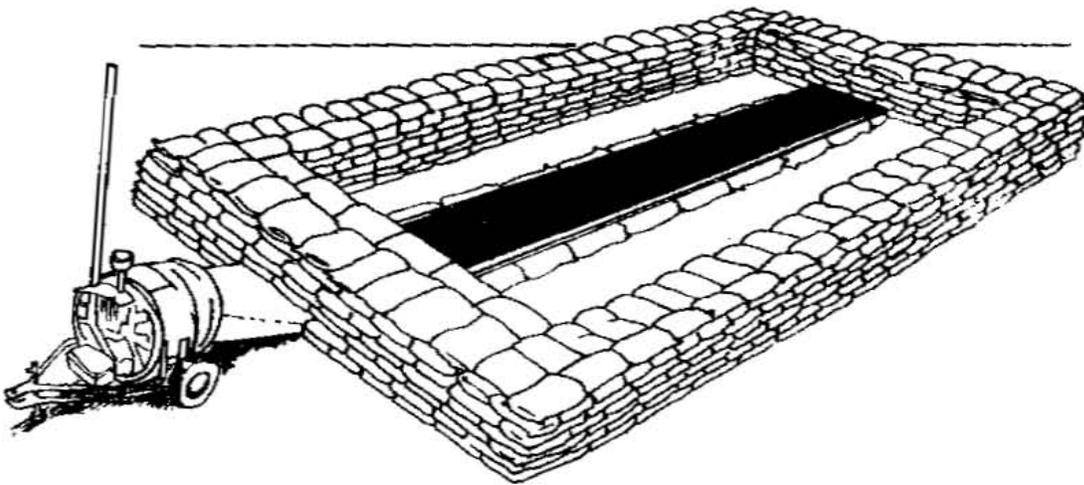


Figura 5.8 Detalle de la instalación del ventilador

5.3.2 Almacenamiento a granel.

Este método consiste en conservar los granos, sin embalaje alguno, en el interior de estructuras construidas con ese fin (graneros, silos).

Los tipos de construcción son bastante variados. Puede haber, en efecto, estructuras relativamente sencillas y de escasa capacidad para guardar los excedentes agrícolas en las

zonas de producción, o bien instalaciones complejas de grandes dimensiones para el almacenamiento comercial o industrial de los productos (55)

En la tabla 5.4 se indican los tipos de almacenes aplicados a los cereales

Tabla 5.4 Almacenamiento de alimentos a granel (30)

Tipo	Producto almacenado	Características/parámetros	Función
Naves almacenadoras	Cereales, papas, Azúcar en bruto	Producto expuesto a influencias ambientales. Almacén con fondo plano. Almacén con fondo de embudo.	Almacén de larga duración para volúmenes pequeños; sustituido por silos para el cereal.
Depósito	Cereales, productos a granel de tamaño grande	Altura del depósito Base inferior cuadrada o rectangular	Envases de recepción de los puestos de descarga del silo (camiones o trenes)
Silos pequeños	Cereales, Harina, Azúcar, componentes de piensos compuestos	Cubetas rectangulares en posición vertical con tolva de salida; material de construcción: Chapa de acero, aluminio, láminas flexibles de pvc; dispositivos neumáticos de llenado y vaciado.	Recogida de materias primas y de silos de almacenamiento para procesamientos ulteriores.
Silos grandes	Cereales, productos de molienda, componentes de piensos compuestos, legumbres, azúcar, semillas de oleaginosas, granos de cacao, frutos secos.	Células de almacenaje de gran altura; dispositivos mecánicos de llenado y vaciado; dispositivos de ventilación y climatización (silos para azúcar); capacidad de una célula de almacenamiento para azúcar de hormigón armado.	Almacenamiento de larga duración.

Horst-Dieter T. (2001)

1) Estructuras rústicas tradicionales

En cada localidad existen estructuras rústicas que tradicionalmente se han utilizado para almacenar el grano, muchas de ellas son el resultado de los conocimientos y experiencias transmitidas de generación en generación y con pequeñas modificaciones pueden proporcionar buena protección al grano; otras más, carecen de los elementos técnicos mínimos necesarios y cada año ocasionan que gran parte del grano almacenado se pierda. Es sorprendente observar que en regiones muy distantes como África y América Latina, los agricultores llegaron por diferentes caminos a utilizar en común, algunas de estas estructuras, como los recipientes de barro o arcilla, pequeños o de gran tamaño, trojes, cribas o construcciones a base de arbustos de la localidad, de forma cilíndrica, cuadrada o

rectangular; plataformas de madera construidas al interior de las casas, pequeñas bodegas construidas de barro o arcilla.

En ocasiones, se ha cometido el error de recomendar una estructura que funciona bien en una localidad, para ser utilizada en otra localidad con condiciones ecológicas totalmente diferentes, siendo el resultado desastroso. Para evitar las pérdidas poscosecha es necesario considerar las condiciones ecológicas que imperan durante la madurez fisiológica del grano y su cosecha; el tipo de beneficio ó acondicionamiento que recibe el grano antes de su almacenamiento, el tipo de estructura para su almacenamiento, la forma en que será almacenado ya sea desgranado, envasado o a granel, la incidencia de plagas y los objetivos del almacenamiento.

Las trojes de madera están diseñadas para almacenar mazorcas de maíz a las cuales se les ha quitado las hojas de envoltura. El maíz puede ser cosechado, y almacenado en estas trojes tan pronto está maduro, aunque su contenido de humedad sea superior al 30 %. La humedad final del grano, será aquella que está en equilibrio con la humedad del medio ambiente. Debido a que es una estructura abierta, cuando llueve, generalmente se humedece parte de las mazorcas más expuestas en las caras de la troje, secándose con rapidez por acción del sol o del aire. Los continuos humedecimientos y sacamientos ocasionan fisuras (estrelladuras, cuarteaduras, trizaduras) en algunos granos, sin que esto afecte considerablemente la calidad general del grano almacenado. En algunas regiones cálidas y húmedas, la proliferación de insectos puede ser tan grave que aún los insecticidas son incapaces de controlar su multiplicación ya que se degradan con extraordinaria rapidez. En estos casos se recomienda utilizar la troje solamente para secar las mazorcas de maíz y una vez secas, desgranarlas y guardar el grano en silos metálicos u otros recipientes apropiados como los tambores metálicos de 200 litros (tambos, barriles, toneles). El grano guardado en el silo, debe fumigarse o tratarse con algún insecticida apropiado, vigilando periódicamente su estado de conservación. (55)

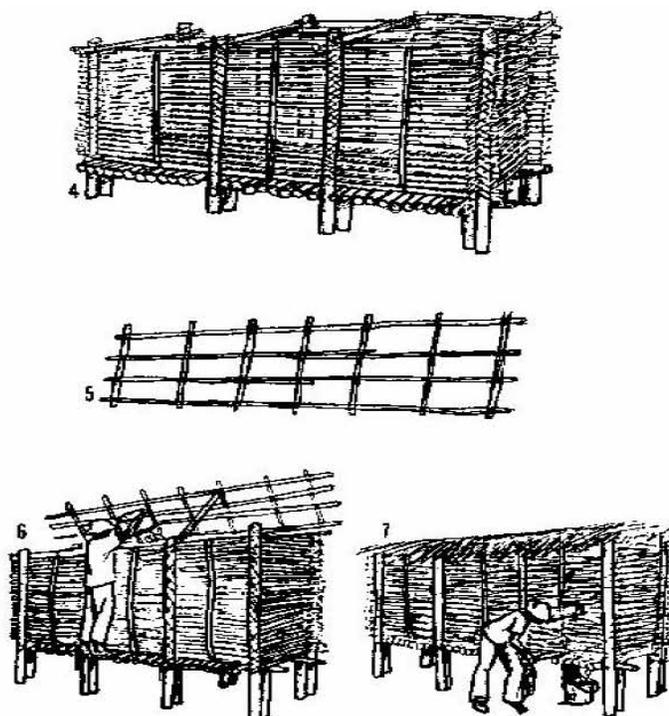


Figura 5.9 Troje con troncos y ramas de bambú

2) Tambor metálico

El tambor de aceite de 220 litros (55 galones) es muy fácil de encontrar y representa una buena alternativa para almacenar pequeñas cantidades de granos a granel (figura 5.10). En este tipo de recipiente, los granos se conservan bien y por bastante tiempo si el manejo es correcto; además, tiene bajo costo y buena duración si se le da un adecuado mantenimiento. El tambor tiene capacidad para almacenar unos 220 litros de granos, es decir, de 130 a 180 kilogramos (59).

Adaptación. Si la tapa del tambor es del tipo "cinta metálica" no se requiere hacer ninguna adaptación, pero en caso contrario será necesario quitar la tapa superior del tambor.

- Limpie y seque el tambor. Si hay agujeros, tápelos con cera de abeja o parafina, o mejor aún con soldadura de estaño.
- Fabrique la cobertura del tambor utilizando un pedazo de plástico de un metro de diámetro. Corte una tira de cámara de neumático de 3 metros de largo. Para tapar el

tambor, después de llenarlo con los granos cúbralo con una película plástica y amárrela al tambor utilizando la tira de la cámara de neumático (59).



Figura 5.10 Tambor metálico de 220 litros.

- Coloque el tambor metálico sobre dos trozos de madera en un sitio protegido del sol y de la lluvia para evitar la oxidación (figura 5.11).

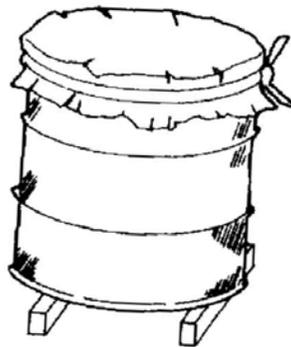


Figura 5.11 Tambor metálico adaptado para almacenar granos.

Para llenar el tambor, los granos deben estar limpios y secos. Antes de llenarlo, determine la humedad del producto y consulte el cuadro 2. Si la humedad es superior a lo recomendado en el cuadro, será necesario secar los granos antes de almacenarlos. Después de llenar el tambor, efectúe un control de insectos mediante la aplicación de un fumigante; luego selle el tambor con cera o parafina. Otro sistema sería colocar una pequeña lata con alcohol, encenderlo y sellar el tambor inmediatamente. De esta manera, los hongos e insectos morirán por falta de oxígeno, ya que la combustión del alcohol lo consume (59)

3) Silo de hierro-cemento

El silo de hierro-cemento tiene la forma de cono y la base semejante a un casco esférico, lo que permite almacenar muchos granos en una pequeña construcción. Las paredes están hechas de un material formado por una tela de alambre, hierro de construcción y una mezcla o argamasa de cemento y arena. El silo de hierro-cemento se usa para almacenar granos a granel

La capacidad de almacenaje de este silo depende de las dimensiones del cono truncado. Se recomienda construir silos con capacidad para almacenar de 2,5 a 7,5 m³ de granos. El costo de la inversión no se justifica para capacidades menores, y para tamaños mayores resulta difícil llenarlo, ya que aumenta la altura del silo. La figura 5.12 muestra las dimensiones de los silos de hierro-cemento con capacidad para almacenar 2,5 y 7,5 m³ de granos (51).

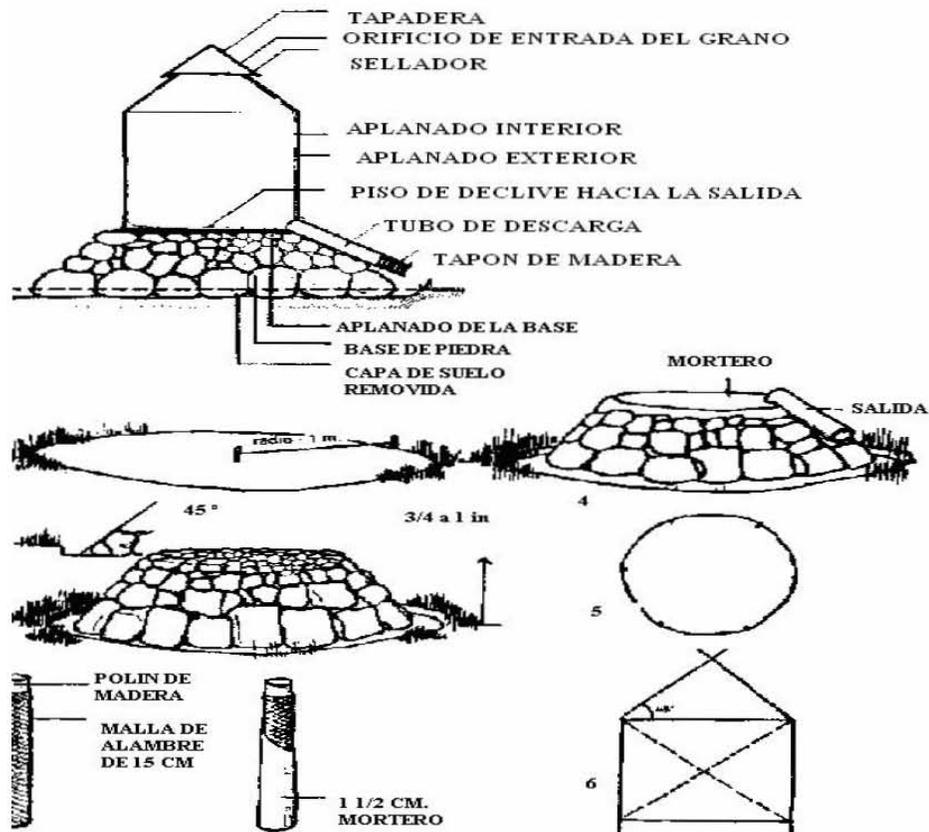


Figura 5.12 Silo de cemento

4) Silo metálico de baja capacidad

Los silos metálicos pueden ser de dos tipos:

- los barriles metálicos de escasa capacidad (unos 150 kg de grano) que sirven generalmente para el almacenaje de hidrocarburos;
- los graneros metálicos de mayor capacidad (1-3 toneladas) construidos expresamente para almacenar granos.

Los primeros, dada su reducida capacidad, son más aptos para la conservación, en medios rurales, de semillas o productos difíciles de conservar (por ejemplo frijoles o habichuelas).

En cuanto a los segundos, hay que considerarlos como verdaderas estructuras de almacenamiento en la granja.

El carácter hermético que generalmente tienen estas estructuras permite una buena protección contra los roedores, así como un almacenamiento hermético de los productos.

Cualquiera que sea el tipo de estructura utilizado para el almacenamiento en la granja, es esencial respetar ciertas reglas fundamentales, tales como:

- Almacenar los granos sólo cuando estén bien secos y libres de materia extraña.
- Controlar, antes del almacenamiento y durante el mismo, el estado de conservación de los granos y el grado de infestación por insectos, y aplicar en su caso un tratamiento contra insectos(51).

Si los granos se almacenan en silos herméticos la atmósfera que se genera permite controlar los insectos, parásitos y mohos. Estos organismos agotan el oxígeno del espacio cerrado y ellos mismos se asfixian antes de que puedan llegar a ser suficientemente numerosos como para alterar los granos. De esta forma los granos secos pueden almacenarse con pocas pérdidas de sus propiedades funcionales. Sin embargo, los granos húmedos pierden la capacidad de germinar, lo que los hace inadecuados para emplearlos como semillas o para el proceso de malteado, desarrollando un sabor anormal que se transmite a los productos de pastelería en los que se emplean.

El almacenamiento hermético es más adecuado para los productos alimenticios no viables suficientemente secos para estar protegidos del ataque de los microorganismos.

El principal problema es mantener y controlar la atmósfera de almacenamiento cuando se desea que tenga más dióxido de carbono y menos de oxígeno que el aire normal. El dióxido de carbono requerido puede generarse al respirar el producto almacenado, al tiempo que se consume el oxígeno. Este método se emplea en el almacenamiento hermético de los granos. El dióxido de carbono sólido genera el gas deseado y además actúa de agente refrigerante, la concentración de dióxido de carbono en el almacén depende del equilibrio dinámico entre la velocidad de sublimación y el escape del gas de la cámara. Las cámaras de almacenamiento en atmósfera controlada no son grandes ya que es conveniente llenarlas totalmente y cerrarlas durante 7 días para conseguir todos los beneficios de las atmósferas artificiales (7).

El almacenamiento en atmósfera controlada (CAS), en este método las concentraciones de oxígeno y de anhídrido carbónico, y a veces, también de etileno, se miden y regulan a valores determinados.

El almacenamiento de atmósferas modificadas (MAS), en este sistema, la composición de la atmósfera de almacenamiento cambia como consecuencia de la actividad respiratoria normal del alimento y no se ejerce sobre ella un control apreciable.

Para el almacenamiento de productos en atmósferas modificadas el almacén se cierra herméticamente y como consecuencia de la actividad respiratoria de los alimentos, la composición de la atmósfera en éste cambia. La concentración de oxígeno en el mismo puede caer hasta alcanzar el 0% y la de anhídrido carbónico aumentar hasta llegar al 20% o incluso, una concentración superior. Este tipo de almacenamiento se utiliza, por ejemplo, para los granos, ya que las elevadas concentraciones de anhídrido carbónico matan a los insectos e impiden el crecimiento de los mohos. La composición adecuada se mantiene eliminando aire o el exceso de anhídrido carbónico mediante purificadores (24).

El aumento de la respiración de los granos hace que se genere y libere mayor cantidad de energía que se transforma en calor, aumentando así la temperatura de granos almacenados.

Los factores químicos, como el oxígeno y el bióxido de carbono influyen poderosamente, sobre la condición de los granos y semillas almacenados. Esta influencia esta relacionada con la porosidad individual y volumen de los granos, así como también con su respiración y aireación (49).

El almacenamiento hermético exitoso depende de varias consideraciones:

- * Construir recipientes que son herméticos. Esto quiere decir usar materiales que no permitan ningún paso de aire. Por ejemplo, a través de ellos metal, plástico, concreto.
- * Llenar los recipientes herméticos hasta la cima es importante.
- * Cuidar que el recipiente del almacenamiento se encuentre bien cerrado.
- * Otro aspecto a tener en cuenta para la conservación son las características de depósitos herméticos, con sus conos o bases impermeabilizadas, en sus techos deben encontrarse extractores para evitar los problemas de condensación, deben tener acceso al almacén para poder muestrear (21).

El silo metálico de baja capacidad se construye con láminas o chapas metálicas galvanizadas, ensambladas y soldadas en forma de cilindro. El silo debe colocarse sobre una tarima en un área cubierta, protegido del sol y la lluvia, como se muestra en la (figura 5.13) (59).

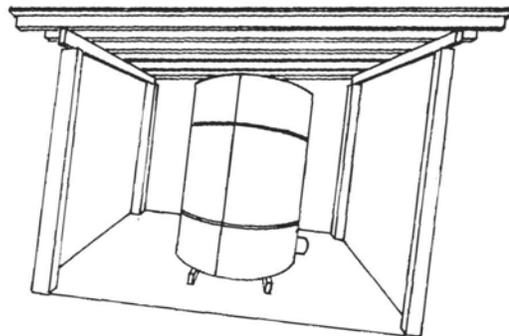


Figura 5.13. Vista general del silo metálico.

El silo metálico se debe colocar sobre una tarima de madera y debe quedar protegido del sol y la lluvia.

5) Silos metálicos de gran capacidad.

Los primeros silos se fabricaron de hormigón. Para el almacenamiento en la granja actualmente se utilizan silos de acero inoxidable en todo el mundo. Son de fácil construcción y montaje. El silo es básicamente un gran cilindro de acero corrugado galvanizado, con medio de acceso para limpiarlo, para vaciar y sacar el grano, y en ocasiones, dotado con un sistema de desecación, en el que se incluye una turbina y un equipo para el calentamiento del aire, así como un sistema de distribución del aire, de forma que pueda eliminar la humedad (figura 5.14). Los silos se construyen con chapas corrugadas de acero normalizadas, precurvadas de forma que cuatro de estas chapas soldadas entre sí formen un cilindro básico del diámetro deseado. La altura se consigue soldando entre sí múltiples cilindros básicos. La base del silo es cónica de forma que el grano se pueda descargar fácilmente. La desecación se consigue con un quemador de gas y un ventilador (17).

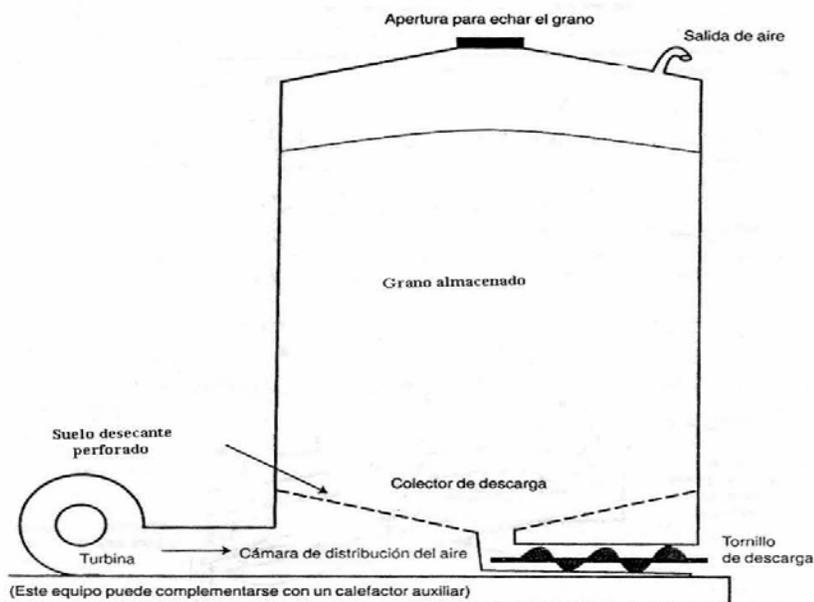


Figura 5.14 Silo moderno complementado con una turbina eléctrica para airear el grano.

En el almacenamiento comercial los sistemas más utilizados son los silos, los almacenes de suelo plano (naves industriales) y los sacos. Este último sistema es común aunque está perdiendo en las economías en desarrollo. Los grandes silos son de forma circular, que es la forma geométrica que permite conseguir la máxima capacidad y resistencia con el mínimo material, siendo simultáneamente de fácil limpieza. Se construyen silos de hasta 10000 ton de grano, bien sea de acero o en hormigón. Los silos de hormigón se hacen utilizando unos labios metálicos, que son en realidad un molde que se hace con dos anillos concéntricos de hierro, entre los que se hecha el hormigón. Los silos se suelen construir unos pegados a otros. Los silos de hormigón llegar a tener hasta 40 metros de altura. Como el ángulo de reposos de los granos está alrededor del 27° , es poco satisfactorio dejar el grano directamente amontonado ya que requiere una gran superficie (17).

6) Silos con Tolva

Son Silos con tolva de descarga a 47° y 60° . Tienen dimensiones que van desde los 4,5 m de diámetro hasta 9,1 m, y alturas de cuerpo desde 3,3 m hasta 14,6 m.

Los Silos están concebidos para descarga por gravedad, lo que les hace insustituibles para fábricas de piensos, harinas, almacenamiento de semillas y en general donde se precise una dosificación adecuada de los productos.

Son utilizados como silos de espera o reposo, en las instalaciones de secado industrial, siendo de excelente aplicación para secado de girasol, soja, maíz, sorgo, arroz, etc. (21).

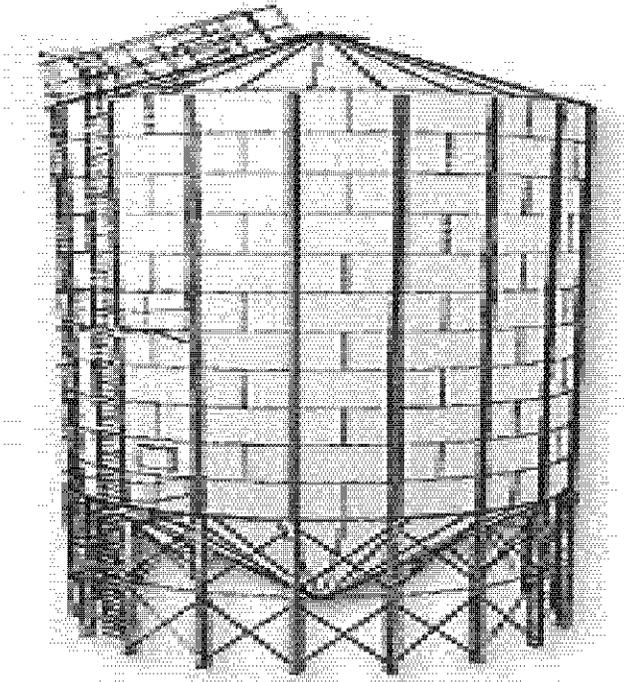


Figura 5.15 Silo con tolva.

7) Nave granero

Estas Naves están especialmente diseñadas para el almacenamiento de cereales y oleaginosas, pudiendo utilizarse también como almacén general. Las Naves Granero son de estructura porticada con cubierta a dos aguas, y pendiente del 46,6%. Esta construcción basada para la construcción de Naves Metálicas, está especialmente diseñada para la carga de grano en sus paredes.



Figura 5.16 Nave granero

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS TIPOS DE ALMACENAMIENTO

Ventajas del almacenamiento en sacos.

1. Los granos en sacos pueden admitir un contenido de humedad del 1-2% por encima del contenido de humedad en el almacenamiento a granel.
2. La manipulación y el almacenamiento en sacos no requiere personal especializado.
3. Se puede implantar fácilmente sin inversiones elevadas en las pequeñas explotaciones agrícolas.
4. el grano puede moverse con facilidad en el almacén.
5. en caso de infestación, permite la fácil segregación de los lotes más infestados para su tratamiento adecuado.

Desventajas:

1. Se requiere de mucha mano de obra para su movimiento, por lo que incrementa el costo.
2. Los roedores encuentran escondrijos ideales entre los costales.
3. Los sacos viejos suelen reutilizar muchas veces dispersando la infestación con insectos a menos que los sacos se sometan a desinfección.
4. Los sacos viejos suelen tener orificios por los que algunos granos se pueden salir.
5. Los almacenes de sacos son inherentemente antihigiénicos, ya que pueden darse un empleo alternativo como garaje para la maquinaria o para guardar cualquier otra cosa.
6. Escasez de disponibilidad de sacos (17).

Ventajas del almacenamiento a granel.

1. Los granos se pueden desecar mecánicamente, es decir en el mismo silo.
2. Los silos se mantienen limpios fácilmente y es relativamente sencillo controlar el estado del grano.
3. Los silos no tienen otro uso más que de almacenar y conservar los granos.
4. Son seguros en cuanto a la contaminación por plagas.
5. Las paredes de los silos deben de ser a prueba de humedad para evitar que ésta alcance a los granos.

Desventajas

1. El costo de la maquinaria y su reparación es elevado.
2. Se requiere de personal especializado y de entrenamiento especial.
3. Se debe de contar con un silo para cada especie de grano que se quiera almacenar.
4. Los sistemas a granel requieren de grandes inversiones en infraestructura, carreteras y camiones (17).

5.4 Sistemas de Almacenamiento

Al igual que en la producción, en el almacenamiento se pueden diferenciar dos grandes sectores, aquel que está destinado a almacenar grandes volúmenes de granos para abastecer a los centros urbanos, a la industria de alimentos y para las importaciones y exportaciones.

Las estructuras de almacenamiento, por lo general, están constituidas por silos y bodegas que, en teoría, son adecuadas para la conservación de los productos que se almacenan, pero que en realidad adolecen de algunas deficiencias en su construcción, equipamiento para movilizar y beneficiar los granos y la falta de personal debidamente capacitado para la operación, administración y el control de las plagas. En el caso de las instalaciones de carácter gubernamental, es común encontrar que algunas de ellas fueron construidas por razones políticas, en lugares que muchas veces dificultan su operación.

A nivel del pequeño y mediano productor, como ya se mencionó con anterioridad, sus sistemas de almacenamiento se caracterizan por la poca capacidad que poseen para almacenar sus cosechas, por la diversidad de estructuras tradicionales que ofrecen poca

protección a los granos y por el desconocimiento casi total de las tecnologías para secar, beneficiar y proteger sus cosechas de las plagas.

El mejoramiento de las tecnologías de poscosecha de este grupo de productores debería considerarse como algo que es necesario lograr en el menor tiempo posible, por la importancia que tiene para el abastecimiento de los alimentos familiares y por su impacto en la comercialización de los productos.

La situación crítica por la que atraviesa el sector agrícola se ve reflejada en la pobreza de la mayoría de los agricultores y ello de una manera u otra, afecta a las condiciones de vida de los demás habitantes. No se puede ignorar que los aspectos sociales y económicos que afectan a los diferentes estratos de la población no son independientes entre sí, sino que están fuertemente vinculados y correlacionados.

Desde el punto de vista de la producción de alimentos, es importante que los agricultores tecnificados de América Latina se modernicen y evolucionen hasta alcanzar el grado de desarrollo de sus contrapartes de los países desarrollados, pero también es importante fortalecer la capacidad productiva de los pequeños y medianos agricultores, incentivándolos a transformarse en pequeños núcleos empresariales capaces de ser los promotores de su propio desarrollo y a manejar su producción en forma más tecnificada y organizada. Es importante que en esta transformación se respeten sus raíces culturales y sociales ya que su bienestar es vital para la estabilidad económica y social de los países (57).

5.5 Importancia del almacenamiento en el acondicionamiento.

El deterioro durante el almacenamiento, se agrava por el daño mecánico durante la siega con cosechadora, porque los hongos atacan los granos lesionados con más facilidad que a los intactos (44).

La actividad respiratoria tiene a ser mayor en el cereal con alto porcentaje de granos lesionados, incluso aunque los otros factores (humedad, temperatura, suministro de oxígeno) se mantengan constantes.

El trigo que se ha conservado bien, se le suele llamar en el comercio de cereales *trigo enfermo*. Esta condición se manifiesta por granos en los que el germen está muerto y se ha puesto oscuro. Este trigo, generalmente, tiene moho desarrollando en él, pero se ha demostrado que puede enfermar trigo en condiciones anaerobias sin desarrollo de mohos. El oscurecimiento del germen, parece ser producido por una reacción de tipo Maillard localizada en el germen. Como resultado del ennegrecimiento, se convierte el germen en fluorescente. Aunque el ennegrecimiento del germen puede producirse sin el ataque de los hongos, siempre se encuentran juntos los dos fenómenos en las muestras comerciales, y se cree que la causa principal de la pérdida de germinación es debida al ataque de los hongos.

Se han seguido diversas pruebas para evaluar la condición del grano y así poder predecir su comportamiento en la conservación. Estas pruebas incluyen alteraciones físicas obvias en el grano por ejemplo, pérdida del lustre natural y la adquisición de un aspecto mate. También son fácilmente detectables las alteraciones con cambios de olor, como el olor agrio o a moho. El trigo enfermo puede identificarse por el germen oscuro (10).

5.6 Calidad de los granos y su importancia en la industria de alimentos.

En el manejo posproducción de los granos, desde su acopio hasta su consumo directo o como producto elaborado, se realizan muy diversas actividades entre las que destacan de manera preponderante, la distribución; el almacenamiento y la comercialización.

Aún cuando el desempeño de tales actividades entraña tareas muy distintas en su naturaleza, es de llamar la atención el que en todas ellas se implica de manera importante el uso del término de calidad; ya sea con el enfoque de proporcionarla, en el caso de la distribución, de mantenerla, en lo que respecta al almacenamiento, o de utilizarla como

patrón para la transacción, en lo que se refiere a la comercialización; es más, el término calidad referido a un ámbito general del manejo poscosecha de grano, se convierte en un objetivo e incluso se crea a la conservación como un mecanismo específico para su preservación (44).

1. Definición del término de calidad.

Para satisfacer un punto de vista esencialmente técnico como es el que se implica en el manejo de granos como actividad tecnológica, es indispensable definir adecuadamente algunos términos.

Para el caso específico de los granos, en cualquier etapa de su manejo, es posible establecer calidades en distintos órdenes:

- Comercial: la calidad comercial de los granos es aquella que se establece para los granos comparando los resultados de un análisis con los lineamientos prefijados en una norma de calidad para la comercialización.
- Nutricional: la calidad nutricional de un grano estará dada por el grado en que un organismo determinado aproveche los nutrientes contenidos en el primero.
- Bromatológica: Se refiere a la composición en contenido de proteínas, carbohidratos, sales, minerales, grasas y humedad; y es medible con exactitud a través del análisis químico.
- Sanitaria: Se refiere a la condición de los granos como sujetos en que se puede presentar cualquier tipo de contaminante de origen químico, bioquímico o biológico tales como plaguicidas, micotoxinas o excretas y cadáveres de plagas
- Física: esta se amplía a continuación:

La Calidad física de los granos.

La calidad física del grano es establecida principalmente en base al contenido de granos afectados por las distintas causas de daño.

Técnicamente la calidad física de los granos se determina mediante el análisis respectivo, refiriéndose al contenido porcentual de los siguientes elementos en la masa del grano que se evalúa: (44).

- Humedad
- Materia extraña
- Granos quebrados
- Granos distintos al que se analiza.
- Granos dañados por las siguientes causas:
 - o insectos de almacén
 - o microorganismos de almacén
 - o roedores de almacén
 - o calor de origen metabólico
 - o germen obscurecido por calentamiento
 - o Inmadurez fisiológica
 - o Germinación incipiente
 - o Heladas y/o sequías
- Granos defectuosos por la presencia de:
 - o Manchas
 - o Decoloraciones
 - o Quebraduras.

Como objetivo de informar principalmente a los productores y comerciantes sobre las características que deben reunir los diferentes cereales como: la cebada, el maíz, el sorgo, el trigo, avena y arroz para ser comercializados, existen las Normas Oficiales que establecen el grado de calidad de cada cereal, en el Cuadro 5.5 se especifican las características de estos cereales con rangos mínimos y máximos. Cuando el producto no sea clasificado conforme a la norma, debe identificarse como no clasificado, lo que indica que ningún grado de calidad se ha dado al lote (52).

Tabla 5.5 Especificaciones según la normatividad.

Parámetros Granos	Cebada	Maíz	Sorgo	Trigo	Avena	Arroz	Referencia
Descripción	Diferentes variedades de grano de seis hileras. Género <i>Hordeum</i> especie <i>vulgare</i> y <i>distichum</i>	Cereal perteneciente a la clase monocotiledónea especie <i>Zea mays</i>	El grano procedente de cualquier variedad de la gramínea <i>sorghum vulgare</i> .	Grano obtenido de las especies <i>Triticum aestivum</i> y <i>Triticum durum</i>	Se entiende por avena los granos de <i>Avena sativa</i> y <i>avena byzantina</i>	Granos enteros o quebrados de la especie <i>Oryza sativa</i> L.	CODEX STAN 153-1989 (REV 1 1995) Maíz CODEX STAN 172-1989 (Rev 1 1995) Sorgo CODEX STAN 199-1995 Trigo CODEX STAN 201-1995 Avena CODEX STAN 198-1995 Arroz
Humedad: Es el agua que contiene el grano	15% -13.5%	14- 12%	14.5-12%	13-12%	14% máx.	15 % máx	
Impurezas: Es cualquier material extraño que no sea el grano de que se trate	2.0%	1.0 – 0.1 %	1.0-0.1%	2%	0.5-1.5%	1.5- 0.1 % m/m	
Peso hectolítrico: Es el peso de un hectolitro de grano expresado en kilogramos (grano limpio) kg/hl	Cebada de 6 hileras 56 kg Cebada de 2 hileras 58kg	74.5	136	Fuerte y cristalino 78-71 Medio fuerte 77-70 Suave 76-69 Tenaz 78-69	46		Secretaría de comercio y fomento Industrial. Subsecretaría de comercio Interior, Dirección general de Normas. México 1984
Granos desnudos y/o quebrados	5.0%	1.0-2.0%	6.0-12%	6 % máx.	5 % máx.		
Granos dañados	Hasta 10%	5-10%	4-8%	1-1.5%	3 % máx.	4-3 %	
Granos dañados por calor		Máximo 4%	0.5-1.5%			8-3 % m/m	
Granos dañados por insectos			5.5-0.5 %		3 % máx.	4 % máx.	
Defectos	Picaduras, impurezas	Germinados, daños por insectos	Germinados, impurezas	Picaduras y germinados	Granos manchados, daños por insectos	Granos inmaduros, granos dañados por el calor, granos yesosos (granos opacos o harinosos)	

Para que se desarrollen correctamente las transacciones comerciales y para que queden enteramente satisfechos tanto los vendedores como los compradores, es conveniente establecer normas legales, realistas y prácticas, que fijen de manera clara la calidad de los productos, las modalidades de verificación y los criterios de comercialización.

En el plano del comercio interior, en cambio, cada país puede presentar normas fundamentalmente diferentes. Ello puede deberse a las particularidades de los productos agrícolas, al margen de los hábitos alimentarios específicos de las poblaciones.

De todos modos, las normas deberían tomar en consideración los factores siguientes:

- la denominación del producto, a saber el nombre científico;
- las variedades comerciales, si hay varias, completadas con la descripción de los elementos característicos de cada una;
- el color normal, si permite la identificación del producto o de sus variedades;
- las bases de comercialización o la eventual clasificación de los granos, establecidas, según los productos, teniendo en cuenta los parámetros siguientes:
 - i. contenido de humedad,
 - ii. presencia de insectos vivos,
 - iii. tasa de granos dañados (germinados, enmohecidos, descoloridos, etc),
 - iv. tasa de granos quebrados,
 - v. tasa de granos extraños,
 - vi. presencia de sustancias tóxicas,
 - vii. presencia de olores comercialmente dudosos,
 - viii. rendimientos tecnológicos (en el caso del arroz cáscara por ejemplo),
 - ix. porcentaje de materia grasa (en el caso del maní y del girasol por ejemplo),
 - x. tasa de acidez de la materia grasa;
- los criterios comerciales o los límites de tolerancia fijados para la recepción de los productos, según la naturaleza de éstos y en función de los parámetros anteriormente indicados;
- la modalidad de las operaciones y los instrumentos y el material de apoyo correspondientes para - la recepción de los productos y para la determinación de su calidad;
- las tablas de reducción de precios en función de la calidad (59).

Clasificando el producto por grado de calidad se inicia el proceso mercantil propiamente dicho, asignando al grano un valor monetario mediante la aplicación de

premios o castigos que se traducirán en una bonificación o una reducción al precio (Cuadro 6.2) base y en función del contenido de elementos deseables o indeseables (44).

Tabla 5.6 Factores de bonificación y/o reducción. (52)

Grano	Defectos	Factor
Cebada	Humedad.	5 kg/ton
	Impurezas	5 kg/ton
	Granos desnudos y/o quebrados	5 kg/ton
	Grano de tamaño para uso maltero	5 kg/ton
Maíz	Humedad	1.16 kg/ton
	Impurezas	1.01 kg/ton
	Granos dañados	0.250 kg/ton
	Granos quebrados	0.500 kg/ton
Sorgo	Humedad	1.16 kg/ton
	Impurezas	1.01 kg/ton
	Granos dañados	0.100 kg/ton
	Granos quebrados	0.500 kg/ton

2. Embalaje de los granos

El deterioro y las pérdidas de productos durante el transporte y el almacenamiento dependen de una serie de factores físicos, químicos, biológicos y humanos.

Un embalaje adecuado contribuye en gran medida a la disminución de esas pérdidas, sobre todo en las regiones tropicales, en las que las condiciones climáticas aumentan considerablemente los riesgos de deterioro de los granos.

Las principales funciones del embalaje de los productos son las siguientes:

- facilitar la manipulación, sea manual o mecánica;
- reducir las pérdidas de producto por hurto o robo;
- proteger el producto contra ataques de agentes exteriores (humedad, insectos, rayos de sol, etc.).

Existen diferentes tipos de embalaje para los productos agrícolas, adaptados a la naturaleza del producto y al sistema de comercialización. En cuanto a los granos, se utilizan esencialmente los sacos, tejidos con fibras vegetales o artificiales.

La elección del tipo de saco debe hacerse teniendo en cuenta no sólo su resistencia mecánica y su resistencia a la acción de la humedad, del sol y de los animales dañinos, sino también el tipo de manipulación previsto (59).

Los costos de transporte contribuyen en gran medida al precio de venta de un producto. Hay que reducir al mínimo las pérdidas durante las operaciones de transporte.

Se entiende por pérdida la diferencia de peso entre la cantidad cargada y la descargada. Pero a esta pérdida cuantitativa viene a añadirse la pérdida cualitativa, cuando el producto experimenta alteraciones durante el transporte.

Hay que procurar pues disminuir el tiempo de transporte sin dejar de realizar un servicio eficaz preservando el estado de los productos. Las pérdidas cualitativas y cuantitativas pueden deberse a varios factores.

*Unos sacos zarandeados en las operaciones de carga o descarga pueden desgarrarse, provocando fugas de productos durante el transporte.

*Una velocidad excesiva o un vehículo en mal estado pueden provocar también fugas de productos.

*En determinadas condiciones climáticas (estación de lluvias, por ejemplo), los productos pueden deteriorarse cuando se transportan sin protección.

*Si los cargamentos se dejan sin vigilancia, puede haber riesgo de hurtos o robos.

Pueden darse varias soluciones al problema de las pérdidas, tanto en los propios vehículos como en lo que se refiere al manejo de los productos.

Los vehículos parcialmente abiertos deben ser provistos de un techo sobre armadura, con lonas a los lados que puedan enrollarse o retirarse, de manera que, por una parte, puedan proteger contra la lluvia y, por otra, permitan una ventilación correcta si se trata de productos húmedos.

Al cargar y descargar los vehículos, hay que utilizar en la medida de lo posible carretillas y elevadores para reducir las manipulaciones.

Hay que cuidar de que la carga y la estiba de los sacos en los vehículos se realicen correctamente, evitando el aplastamiento de las capas inferiores y disponiéndolos sobre tarimas de carga para que pueda circular el aire. El cuidado que hay que poner en estas operaciones depende de la naturaleza del producto y de su grado de humedad. Si la carga debe distribuirse entre varios destinos, los sacos deben cargarse en el orden inverso al que se seguirá en la descarga (el último saco cargado será el primero descargado) (59).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- ❖ Se puede concluir que este trabajo cumplió con el objetivo planteado, indicando las operaciones de acondicionamiento de granos y sus efectos en la calidad, además el material recopilado es una fuente concentrada de información para que los alumnos de la carrera de Ingeniería en Alimentos que puedan tener a su alcance

- ❖ Es muy primordial tomar conciencia acerca de la importancia que tiene el manejo de cereales durante las etapas de acondicionamiento porque como Ingeniero en Alimentos se cree que a lo único que se tiene que enfocar es en la materia prima, dejando a un lado las repercusiones que con lleva en los productos terminados.

- ❖ El conocimiento general de los cereales permite analizar todos los posibles factores que alteran la calidad de los productos, ya que cuando se tienen problemas en la producción sólo se enfoca en el procedimiento, y no comprendemos que puede ser el mal manejo del granos que nos afecta más directamente.

- ❖ Durante el desarrollo del presente trabajo se pudo resaltar la importancia de las operaciones de acondicionamiento de los granos, así mismo las características principales de los cereales, por los que se derivan las siguientes conclusiones.

- ❖ Los granos de cereales y sus productos derivados representan el aporte fundamental de calorías en la alimentación humana debido a que el almidón es el principal hidrato de carbono que está presente en el endospermo, además que son ricos en fibra.

- ❖ La importancia de los cereales radica en que son fáciles de almacenar, de transportar, se conservan por mucho tiempo, se transforman con facilidad en otros alimentos, se les puede utilizar como materia prima o como producto elaborado.

- ❖ Los granos húmedos y sucios recién cosechados presentan serios problemas para la limpieza, pues atascan los alimentadores de las limpiadoras, disminuyendo considerablemente su capacidad de procesamiento.

- ❖ Después de la cosecha se requiere el secado inmediato para obtener un contenido de humedad (menor de 13%) que nos evite el crecimiento de mohos y el desarrollo de bacterias durante el almacenamiento.

- ❖ El método de aireación en el almacenamiento corrige la migración de humedad en los granos, ya que el movimiento del aire por la masa del grano, iguala la temperatura y disminuye la acumulación de humedad.

- ❖ La mala calidad del grano aparte de que tenemos pérdidas en el producto esto se traduce en una pérdida económica ya que las ventas del producto a los industriales se les castiga el precio por cada defecto que tengan los cereales.

- ❖ Se puede concluir que el acondicionamiento de granos, es el conjunto de operaciones a que son sometidos los granos, desde su cosecha hasta su almacenamiento, para mejorar su naturaleza física y biológica de tal manera que se garantice la conservación de su calidad, hasta el momento de su consumo como alimento o uso industrial.

- ❖ Los factores que influyen en la calidad de los granos y las semillas pueden tener calidades diferentes, que dependen de variables ocurridas en etapas anteriores del acondicionamiento. La calidad inicial de los granos y de las semillas depende de los siguientes factores:(41).
 - ✓ condiciones climáticas durante el período de maduración de la semilla
 - ✓ grado de maduración en el momento de la cosecha
 - ✓ daños mecánicos
 - ✓ Materia extraña
 - ✓ humedad
 - ✓ temperatura
 - ✓ microorganismos
 - ✓ insectos
 - ✓ roedores.

- ❖ Se debe mejorar el sistema de manejo poscosecha de los agricultores, pequeños, medianos y grandes haciendo de su conocimiento la tecnología más apropiada para cada uno, para ayudar a proteger las cosechas que ya han sido producidas con tanto esfuerzo, todo ello en bien del propio agricultor y de todos los demás que dependen de los alimentos producidos en el campo, así como para obtener materia prima de mayor calidad y se obtenga los mayores rendimientos en la producción de cereales.

ANEXO I

5. Especificaciones sanitarias (PROY-NOM-000-SSA1-2005)

5.1 Generales.

5.1.1 En el proceso de los productos objeto de esta Norma, se deben aplicar las prácticas de higiene y sanidad establecidas en la NOM-120-SSA1-1994, señalada en el apartado de referencias.

5.1.2 El agua que se utilice en el proceso deberá cumplir con el límite permisible de cloro residual libre y de organismos coliformes totales y fecales establecidos en la NOM-127-SSA-1-1994.

5.1.3 Los productos objeto de esta norma con modificaciones en su composición, deben sujetarse a lo establecido en el Reglamento y en la NOM-086-SSAI-1994, Bienes y servicios. Alimentos y Bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.

5.1.4 El proveedor de las materias primas, las unidades de transporte y los establecimientos en donde se procesen o comercialicen los productos objeto de esta Norma, cada uno en el ámbito de su responsabilidad, solo podrán utilizar plaguicidas autorizados por la Secretaría en el marco de coordinación de la CICOPLAFEST.

5.2 Específicas

5.2.1 Transporte y almacenamiento de cereales destinados para consumo humano.

5.2.1.1 Las unidades de transporte deben someterse a limpieza, hasta eliminar suciedad, residuos vegetales, suelo, excretas, restos de animales, fauna nociva, telarañas, productos químicos, sus envases, o cualquier producto o sustancia nociva para el producto.

5.2.1.2 Cereales de importación deben sujetarse a lo que se establece en la NOM-028-FITO-1995 señalada en el apartado de referencias.

5.2.1.3 Las bodegas y almacenamiento en intemperie deben dar aviso de funcionamiento a la Secretaría; además de cumplir con lo siguiente:

i) Establecer por escrito, en su caso, los lugares en los que se almacenarán cereales que rebasen el límite máximo de AF señalado en esta Norma.

ii) En el caso de los almacenamientos en intemperies, deben contar con dispositivos que eviten el contacto de los cereales con el suelo y contar con termopares. Los contenedores no deben presentar filtraciones o roturas.

iii) Las bodegas deben ser edificios provistos de paredes, pisos y puertas, techados o que puedan ser cubiertos, en los que no deben existir goteras, nidos, fisuras o puertas en mal estado. Asimismo deben contar con termopares y estar colocados en diferentes puntos del almacén para el monitoreo de la temperatura.

iv) Durante el almacenamiento.

iv.1) No deben almacenarse en la misma bodega cereales con concentraciones mayores de 20 kg/kg de AF..

iv.2) Durante la recepción, el grano debe ser secado a la brevedad hasta alcanzar una humedad mayor o igual 14,5 %, misma que se debe conservar o disminuir durante todo el tiempo que permanezca almacenado.

iv.3) Se permite la aplicación a los cereales de fungistato, siempre y cuando se emplee de acuerdo con las instrucciones del fabricante especificadas en la etiqueta.

iv.4) Los cereales no podrán estar en contacto con el suelo.

v) Contaminantes.

Determinación	Límite máximo
Aflatoxinas	20 µg/kg

v.1) En el caso de observarse concentraciones desde 21 y hasta 300 µg/kg, el cereal únicamente podrá utilizarse para consumo animal, de acuerdo con el Apéndice Normativo A.

vi) Para efectos de control el almacenamiento debe documentarse en bitácoras o registros de manera que garantice los requisitos establecidos en la Tabla 1. Los registros o bitácoras incluyendo los que se elaboren por medios electrónicos deben:

vi.1) Contar con respaldos que aseguren la veracidad de la información y un procedimiento para la prevención de acceso y correcciones no controladas.

vi.2) Conservarse por lo menos durante un año y estar a disposición de la autoridad sanitaria cuando así lo requiera.

vi.3) El diseño del formato queda bajo la responsabilidad del particular (48)

Tabla Información mínima de las bitácoras o registros

Registro de:	Información
Almacenamiento	a) Lugares donde se almacenarán los cereales que rebasen el límite máximo. b) Origen de los productos. c) Fechas de recepción y de movilización de los productos. d) Localización de los puntos de calentamiento (en su caso).
Análisis del producto.	a) Físicos del grano: <ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de humedad. - Porcentaje de grano dañado. - Porcentaje de plagas. - Temperatura. - Resultados. - Fechas. b) Aflatoxinas: <ul style="list-style-type: none"> - Resultados. - Zonas muestreadas. - Fechas. - Método(s) utilizado(s).

ANEXO II

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-147-SSA1-1996, BIENES Y SERVICIOS. CEREALES Y SUS PRODUCTOS. HARINAS DE CEREALES, SEMOLAS O SEMOLINAS. ALIMENTOS A BASE DE CEREALES, DE SEMILLAS COMESTIBLES, HARINAS, SEMOLAS O SEMOLINAS O SUS MEZCLAS. PRODUCTOS DE PANIFICACION. DISPOSICIONES Y ESPECIFICACIONES SANITARIAS Y NUTRIMENTALES.

5. Harinas de cereales, sémolas o semolinas

5.1 Disposiciones Sanitarias

Los cereales que se empleen como materia prima en la elaboración de los productos objeto de este apartado deben ajustarse a la siguiente disposición:

5.1.1 El productor de grano, el comercializador del mismo y el industrial, cada uno en el ámbito de su responsabilidad deben observar que los plaguicidas que se empleen en el tratamiento de granos y semillas almacenados, en medios de transporte, en áreas de almacenamiento, espacios vacíos y para el control de roedores, así como para la desinfestación y protección de granos almacenados a granel o en costales, cumplan con los límites de uso y no excedan los niveles máximos residuales establecidos en el Catálogo Oficial de Plaguicidas vigente.

5.2 Especificaciones Sanitarias

Los productos objeto de este apartado, además de sujetarse a lo establecido en el Reglamento deben cumplir con las siguientes especificaciones:

5.2.1 Físicas

Determinación	Límite máximo
Humedad	15%
Materia extraña	No más de 50 fragmentos de insectos, no más de un pelo de roedor y estar exentos de excretas, en 50 g de producto.

5.2.2 Microbiológicas

	Mesofílicos aerobios UFC/g	Coliformes totales UFC/g	Mohos UFC/g
Harina de trigo, sémolas o semolinas	50,000	150	300
Harina de maíz	100,000	100	1000
Harina de maíz nixtamalizada	50,000	100	1000
Harina de centeno	100,000	100	200
Harina de cebada	100,000	100	200
Harina de avena	50,000	50	100
Harina de arroz	100,000	100	200
Harinas integrales	500,000	500	500

5.2.3 Contaminantes.

Determinación	Límite máximo
Aflatoxinas	20 µg / kg
Aflatoxinas para harina de maíz nixtamalizada	12 µg / kg

ANEXO III

Apéndice Normativo B. Muestreo de cereales (48).**Generalidades**

1 El muestreo debe ser realizado por un técnico en muestreo con un instrumento de muestreo que permita obtener la muestra. En el caso de producto en costales, el instrumento debe llegar al centro de cada costal muestreado.

1.1 Adicionalmente, en el caso de establecimientos, se debe tomar las muestras provenientes de las zonas de calentamiento. Si no existen durante la visita, las tomará de las últimas zonas de calentamiento registradas.

1.2 En los establecimientos, se debe solicitar tomar la temperatura y la humedad de las muestras.

1.3 Se debe registrar, según sea el caso, el área, número de costales o unidades de transporte muestreadas.

1.4 Las bodegas y almacenamientos en intemperie, se dividen en zonas o áreas que contengan hasta 2000 t, obteniéndose de cada una, la muestra compuesta.

1.5 Se tomarán una o más muestras primarias en cada uno de los puntos de muestreo que se establecen en C.3.1 cuando se trate de producto a granel, o en 2.2 cuando se trate de producto en costales.

1.6 De la suma de las muestras primarias, se constituirá una muestra compuesta, la que se homogeneizará, no debiendo ser menor a 5 kg.

1.7 Dependiendo de la altura del volumen almacenado, será el número de extracciones para cada punto de muestreo.

Tabla 1. Profundidad con que se efectúe el muestreo.

Profundidad m.	Instrumento de muestreo	No. de extracciones
1	Sonda de alvéolos	1
2	Sonda de bala, sonda de alvéolos.	3*
3	Sonda de bala, sonda de alvéolos.	3*
4	Sonda de bala.	3*
5	Sonda de bala.	3*

* Las muestras primarias deben obtenerse de diferentes profundidades.

2. Puntos de muestreo.

2.1 Cereales almacenados a granel en bodegas o almacenamientos en intemperie. Vista superior.

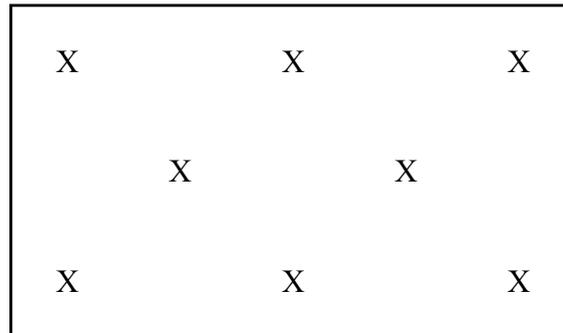


Figura 1 Puntos de muestro para producto a granel en bodegas o almacén.

2.2 Cereales almacenados a granel en silos. Vista superior.

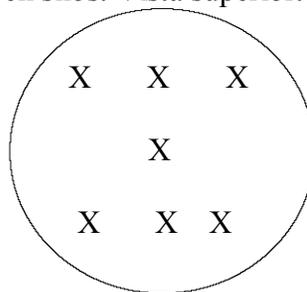


Figura 2 Puntos de muestro para producto a granel en silos.

2.2.1 Cuando debido al diseño del silo no sea posible tomar las muestras primarias de la parte superior, se tomarán de las escotillas.

2.3 Cereales almacenados en costales.

2.3.1 Se deben identificar las estibas, cada una de las cuales se debe muestrear en forma de “M” imaginaria, la que debe ir del primero al último tendido, el ancho máximo de la parte inferior de la “M” no debe ser mayor a 5 m.

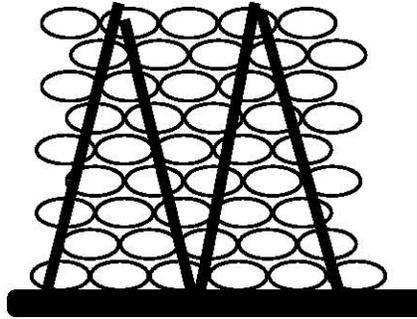


Figura 3 Puntos de muestreo para producto en costales.

2.3.2 Debe tomarse una muestra de cada uno de los costales por donde pasen las líneas de la “M” trazada de acuerdo a lo señalado en el esquema anterior.

2.3.3 El número mínimo de costales a muestrear por lote, se ajustará a lo señalado en la tabla 2, si el número de sacos almacenados es mayor que el número máximo considerado en la tabla, se muestrearán los restantes como si fuera otro lote.

Tabla 2. Número mínimo de sacos a muestrear por lote
Número de costales

En lote	A muestrear
hasta 99	10
100-199	15
200-299	20
300-499	30
500-799	40
800-1299	55
1300-3199	75
3200-7999	115
8000-21999	150
22000-49999	225

2.4 Muestreo de cereales en transportes.

2.4.1 Las Secretarías están facultadas para efectuar el muestreo en unidades de transporte en cualquier momento y lugar.

2.4.2 Puntos de muestreo.

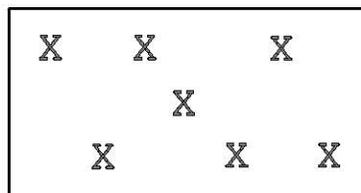


Figura 4 Contenedores terrestres de hasta 30 toneladas. Vista superior.

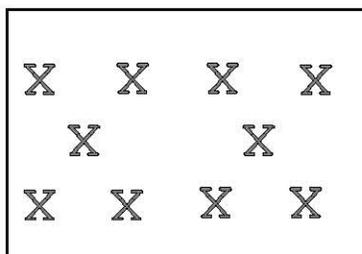


Figura 5 Contenedores terrestres mayores de 30 toneladas. Vista superior.

2.5 Muestreo en movimiento.

2.5.1 Las muestras deben tomarse de los lugares o áreas donde el grano se encuentre en movimiento, como durante las operaciones de carga y descarga de las bodegas, almacenamientos en intemperie o durante los movimientos de transferencia entre silos.

2.5.2 La cantidad de muestra a obtener, será aproximadamente de 1 muestra primaria de aproximadamente 500 g por cada 12,5 t hasta obtener una muestra compuesta no menor de 5 kg, pudiendo calcularse la frecuencia de introducción del instrumento de muestreo con la siguiente ecuación:

$$M = t/c$$

Donde:

M = frecuencia en minutos con que se debe introducir el instrumento de muestreo.

t = toneladas representadas por cada muestra primaria (t/muestra).

c = capacidad de la banda transportadora o capacidad de descarga del vehículo (t/min).

3 Envío de muestras.

Las muestras deben depositarse en bolsas nuevas de papel kraft, evitando su ruptura y etiquetarse al momento de la toma de muestra, las etiquetas se ajustarán a lo establecido en el siguiente formato:

3.1 Del etiquetado de muestras.

3.1.1 Para muestras de bodega.

Tipo de producto _____

Centro: _____

Ubicación: _____

Bodega No.: _____ Sección: _____

Fecha toma de muestra: _____

Hora: _____

Observaciones: _____

Identificación de la muestra:

3.1.2 Para muestras durante la movilización.

Tipo de producto: _____

Centro de envío: _____

Ubicación: _____

Centro de destino: _____

Ubicación: _____

Nombre o Cía.: _____

Fecha y hora de la toma de muestra: _____

Datos del vehículo: _____

Identificación de la muestra:

3.2 Reporte de laboratorio.

Identificación de la muestra:

Centro: _____

Ubicación: _____

Tipo de producto: _____

Nombre de bodegas muestreadas: _____

Número de muestras compuestas por bodega: _____

Concentración en cada muestra compuesta: _____

Concentración promedio de AF en cada bodega: _____

Identificación de la muestra:

Fecha de realización del análisis:

Vehículo muestreado: _____

Centro de origen: _____

Centro de destino: _____

Concentración de AF: _____

En caso de resultar la concentración de AF mayor o igual a 20 µg/kg reportar a: _____

Fecha de realización del análisis:

Bibliografía

1. Arias C. (1993).” **Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural**”. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Santiago de Chile
2. Arias J.C **“Almacenamiento de granos en Latinoamérica.”** FAO oficina Regional de servicios agrícolas. Programa de prevención de pérdidas de alimentos posteriores a la cosecha.
3. Astiasaran I. y Martínez J.A (2003). **“Alimentos composición y propiedades”** Mcgraw hill. México
4. Badui S. (1994) **“Química de los Alimentos”** Alambra Mexicana.
5. Banwart G.J. (1982) **“Microbiología de alimentos”** Ediciones Bellateria S.A.
6. Bragahchini M y Col (2006) **“Proyecto Nacional de agricultura y Precisión”** Proyecto de precisión, INTA Manfredi, Córdoba.
[www.Monitorerendimiento y conocimiento de calibración. Htm](#)
7. Brennan J.G (1980) **“Las operaciones de la Ingeniería de los alimentos”** Acribia, Zaragoza.
8. Belitz H.D y Grosh W (1997) **“Cereales y derivados”** En **Química de alimentos**. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
9. **“Boletín de información oportuna del sector alimentario”** num. 248 Información a julio 2006. INEGI. **[www.sagarpa](#)**

10. Charley H. (1987). **“Tecnología de alimentos .procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos”**. Limusa, España.
11. Cheftel J.C y Cheftel H. (1976) **“Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos”**. Acribia, España.
12. Clyde C. y col. (1965) **“Deterioration of stored grains by fungi”** Rev. Phytopath. 3. Minneapolis. University of Minnesota.
13. **“Conservación de granos”** www.aaprotrigo.org
14. D’Antonino Faroni L.R. (1993) **“Los granos y su calidad. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural”**. FAO, Santiago, Chile
15. Dávila C S. 1984 **“Acondicionamiento de Semillas”**. Univ. Autónoma Antonio Narro, Saltillo Coah., México
16. Dávila C S, Peske Y H G 1988 **“Acondicionamiento de semillas.”** Ciat Cali, Colombia.
17. Dendy D.A.V (2001) **“Cereales y productos derivados. Química y tecnología”** Acribia Zaragoza, España.
18. Desrosier N.W. (1997). **“Conservación de los Alimentos”** Continental, México.
19. **“Diccionario de la lengua española”** Programa educativo visual, México D.F.
20. **“Enciclopedia Sistemática Agropecuaria. Plantas-Cultivos-Cosechas 1”** (1970) Editorial Aedos, Barcelona

21. FAO. www.fao.org/vlibrary/x0051s/x0051s00.htm
22. FAO (1993) **“El Maíz en la Nutrición Humana”**
23. FAO/SMIA Perspectivas Alimentarias **“Perspectivas alimentarias sobre la producción y las cosechas”** No. 1, Febrero 2001.
24. Fellows P. (1994) **“Tecnología del Procesado de los Alimentos”** Acribia, Zaragoza España.
25. Fenema O. R. (1993) **“Química de alimentos.”** Editorial Acribia, Zaragoza, España.
26. Geankopolis, C.(1994) **“Fenómenos de Transporte y Operaciones Unitarias”** Editorial C.E.C.S.A. México.
27. Gil G.M.(1970)**”Secado, Almacenamiento y Conservación Se Sorgo”**.México. Andsa.
28. Gil G M (1990) **“Manual de Secado y Aireación para capacitación de técnicos en Conservacion de Granos.”** México
29. Harmond et. al., (1961). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- 30 Horst-Dieter Tscheuschner (2001). **”Fundamentos de la tecnología de alimentos”** Acribia, España.
31. Hoseney R.C.(1991) **“Principios de Ciencia y Tecnología de Cereales”**. Acribia, España.

32. Iruegas E.A.(1996) **“Estructura, composición y propiedades físicas de los granos”**
Programa Universitario de Alimentos, UNAM
33. Kent N.L. (1971) **“Tecnología de los Cereales”**. Acribia, España.
34. Kent N.L (1987) **“Tecnología de los cereales”** Acribia España.
35. Kuklinski C. (2003) **“ Nutrientes y bromatología.”**Edición omega. México
36. López B, L. (1991). **“Cultivos Herbáceos Vol I Cereales.”**. Mundi Pesa. México.
37. Lseran J.C. (1993) **“The Aeration of grains and the measurement of grain temperatura in storage bins.** 175 Lavouisier Pub. Inc. New York, 10010 U.S.A
38. Marque Pereira J:A y Marcal de Quiroz D. (1991) **“Principios de secado de granos, psicometría, Higroscopia.”** FAO, Santiago de Chile. www.fao.org/docrep/x50575
39. Marque P. J.A(1993) **“Manual De Manejo Poscosecha. Secado De Granos”**. Oficina Regional de la Fao para America Latina. Santiago de Chile.
40. Microsoft ® Encarta ® 2006. © 1993-2005 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
41. Munguia A. Y Carrillo M. (1999) Tesis **“Aplicaciones del Secado por Aspersión en la Industria Alimentaría y Química”** FESC, UNAM
42. **Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2005** Diario Oficial de la Federación. Enero 2006. www.promocion.salud.gob.mx

43. Ortegón J.P. et al (1993) **VII curso de actualización en tecnología de semillas.** Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
44. Ortiz A. (1996) **“Evaluación de calidad física en granos”** Programa Universitario de alimentos, UNAM
45. Potter N. N. (1978) **“La Ciencia de los Alimentos”**. Edutex, México.
46. **Programa conjunto FAO/OMS sobre normas Alimentarias. Comisión del CODEX alimentarius. Vol. 7 “Cereales, legumbres, leguminosas, productos derivados y proteínas vegetales”**. Segunda edición, 1995.
47. **Programa conjunto FAO/OMS sobre normas Alimentarias. Comisión del CODEX alimentarius. Vol. 13 “Planes de muestreo para alimentos preenvasados”**. Segunda edición, 1995.
48. **PROY-NOM-000-SSA1-2005. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas- Alimentos a base de cereales, semillas comestibles. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.**
49. Ramírez G. M. (1982) **”Almacenamiento y Conservación de Granos y Semillas”**. Continental, México.
50. Ramayo L F (1983) **“Tecnología de Granos”**. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo Edo. de México.
51. Ribeiro Marques P. A.L(1993) **“Almacenamiento de granos en propiedades rurales. Manual Poscosecha de granos a nivel rural”**. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

52. Secretaria de comercio y Fomento Industrial. Subsecretaria de comercio interior, Dirección General de Normas. México (1984)
53. SEP (1986). **“Manual para la educación agropecuaria”**. Trillas, México.
54. Simmons N.O. (1965). **“Tecnología de la fabricación de piensos compuestos”**. Editorial Acribia, España.
55. **“Sistemas completos de almacenamiento”** www.fao.org
56. Suhargo H. 1993 **“Sun-Drying Of Grain”**. Departament Of Ag. Technology, Gadjah Mada Univerty Bulaksumur, Yogyakarta, Indonesia.
57. Teixeira M.M (1993) **“Limpieza de granos” Manual de manejo poscosecha de los granos a nivel rural**. FAO, Santiago de Chile.
58. www.fao.org/inpho/vlibrary. **“Mermas de secado”**
59. www.fao.org/docrep. **“Normas de calidad”**
60. Yanucci D. (1990) **“Manejo y Conservación de Granos y Semillas en la Poscosecha”** Universidad de Belgrado, Depto de Educación a distancia, Buenos Aires Argentina.