



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**REVISION BIBLIOGRAFICA  
SOBRE ASPECTOS: AGRONOMICOS, SOCIOECONOMICOS,  
QUIMICOS, TECNOLOGICOS Y USOS DE LA AVENA**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO EN ALIMENTOS  
P R E S E N T A N :**

**ARGELIA MARIANA MORALES CALVO  
LILIANA NUÑEZ GIRON**

**ASESOR:  
I.B.Q. SATURNINO MAYA RAMIREZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

GRACIAS :

A Dios principalmente porque sin su ayuda nunca lo hubiera logrado.

A mi esposo Luis Antonio por su amor y apoyo incondicional.

Al profesor Saturnino Maya por el tiempo invertido en cada asesoría.

Liliana.

## GRACIAS A DIOS:

Que me permite concluir otra etapa de mi vida, en la que me dio la oportunidad de ampliar mis conocimientos, en la que pude poner a prueba mi paciencia, mi orden, mi confianza, mi tolerancia y en la que pude conocer muchas personas que compartieron conmigo sus conocimientos, su tiempo, sus ideales y a las que les debo mucho de lo que hoy se.

También le agradezco a Dios tener una familia que me ha apoyado a lo largo de mi vida.

Gracias mamá por haberme traído al mundo, gracias porque aparte de ser mi mamá eres mi amiga; por estar conmigo en cada momento importante, por siempre motivarme a seguir adelante, gracias por ser un ejemplo de fortaleza y de amor.

Gracias papá por todo el amor que me has dado, por el apoyo y por educarme junto con mi madre de la mejor manera para que yo sea un ser humano bueno.

Gracias a mis hermanos por todos los momentos lindos, por todos los cariños y por formar parte de mi motor que me ha impulsado a salir adelante gracias por el amor que nos tenemos y por haber traído al mundo tres angelitos que llenan mi vida de locura, alegría, fe y mucho amor y por los que vale la pena seguir adelante.

Gracias a mis amigos Alejandro y Gabriel por todos los consejos, por su ayuda, su apoyo, por creer en mi, por la confianza y porque están conmigo formando parte de mi familia.

Gracias a todos ustedes por apoyarme y ayudarme a que esta etapa que hace muchos años empecé se pudiera concluir. A todos los amo mucho y todo lo que yo soy se los debo a ustedes.

Argelia Mariana.

## INDICE GENERAL

Introducción	1
1. Generalidades	3
2. Estructura del grano de avena.	6
3. Composición química.	11
3.1 Carbohidratos.	11
3.2 Sustancias nitrogenadas.	16
3.3 Lípidos.	19
3.4 Vitaminas y minerales.	21
4. Valor nutricional.	22
4.1 Proteínas.	22
4.2 Grasas.	23
4.3 Hidratos de carbono.	23
4.4 Vitaminas y minerales.	24
4.5 Fibra.	25
4.5.1 Efectos de los $\beta$ -glucanos sobre la respuesta glicémica.	25
4.5.2 El colesterol y los $\beta$ -glucanos.	26
4.5.3 Los $\beta$ -glucanos y el control de peso.	27
4.6 Fuente de energía.	27
5. Particularidades del cultivo.	28
5.1 Control de plagas y malezas.	30
5.2 Enfermedades.	31
6. Operaciones poscosecha.	32

6.1	Limpieza.	32
6.1.1	Limpieza preliminar.	32
6.1.2	Limpieza especializada.	34
6.2	Secado.	41
7.	Almacenamiento.	43
7.1	Tipos de almacenes.	46
7.1.1	Almacén al aire libre.	46
7.1.2	Almacenes mecanizados.	46
7.1.3	Silos.	47
7.1.3.1	Silo metálico.	47
7.1.3.2	Silo de cemento y malla de alambre.	48
7.2	Aireación.	50
7.3	Fumigación.	50
7.3.1	Factores que influyen la fumigación.	52
7.3.2	Materiales de construcción del local fumigado.	52
7.4	Factores de deterioro de la avena almacenada.	54
7.4.1	Respiración.	54
7.4.2	Factores físicos.	54
7.4.3	Agentes biológicos.	56
7.4.4	Causas técnicas.	61
8.	Usos.	61
8.1	Medicina.	63
8.2	Alimento para ganado.	65
8.2.1	Procesamiento de los forrajes.	68
8.3	Alimento para el ser humano.	72
9.	Procesos de transformación.	73
9.1	Harina de Avena.	73
9.2	Hojuelas de avena.	80

9.3	Galletas.	83
9.4	Bizcochos.	84
9.5	Barritas.	86
	Discusión.	88
	Conclusión.	90
	Bibliografía.	91

## INDICE DE TABLAS

1.1 Variedades de avena cultivadas en México.	4
1.2 Producción nacional de avena forrajera (Ciclo primavera – verano 2005)	4
1.3 Producción nacional de avena grano (Ciclo primavera – verano 2005)	5
3.1 La composición del grano de avena.	11
3.2 Contenido de carbohidratos en la avena (% con respecto al total de carbohidratos).	11
3.3 Contenido de proteínas en avena. (% respecto al total de proteína)	17
3.4 Composición de aminoácidos de la avena y alguna de sus fracciones (% con respecto al total de proteína)	18
3.5 Composición de ácidos grasos de la avena y la sémola (% con respecto al total de ácidos grasos)	19
3.6 Composición de vitaminas y minerales por cada 100 g de avena.	21
5.1 Plagas que atacan a la avena.	30
5.2 Control de malezas en avena.	30
7.1 Contenido de humedad de la avena en equilibrio con humedades relativas de 65-90% y hongos que comúnmente se les encuentra creciendo bajo esas condiciones de humedad.	57

## INDICE DE FIGURAS

2.1 Estructura del grano de avena.	7
3.1 Estructura de la celulosa.	12
3.2 Estructura de las fibras de celulosa en los vegetales.	12
3.3 Estructura de la amilosa.	14
3.4 Estructura de la amilopectina.	14
3.5 Estructura de lecitina.	20
4.1 Estructura de la Vitamina E.	24
4.2 Estructura de la Vitamina B1.	25
6.1 Separador de discos.	36
6.2 Cilindro dentado.	37
6.3. Perforaciones en el separador.	39
6.4 Proceso de estratificación.	40
7.1 Silo metálico.	47
9.1 Descascarador.	75
9.2 Molino de disco único.	77
9.3 Molino de disco doble.	77
9.4 Diagrama de flujo de la molienda de avena.	80
9.5 Proceso para elaborar hojuelas de avena.	82
9.6 Proceso para elaborar galletas.	84
9.7 Proceso para elaborar bizcochos.	85
9.8 Proceso para elaborar barras con avena.	87

## INTRODUCCIÓN

El alimento es un factor limitante para la nutrición de todos los seres vivientes, el hombre ha tenido que hacer frente desde tiempo inmemorial, a la competencia con los demás seres vivos por el aprovechamiento de aquellos productos alimenticios que les interesan mutuamente, para la conservación de su vida. Los granos constituyen una fuente de nutrición para el hombre y para muchos otros organismos y su disponibilidad en un momento dado, significa la satisfacción de una necesidad esencial para el que pueda aprovecharlos primero.

En la producción de cereales, la avena (*Avena sativa*) es uno de los más importantes del mundo, ocupando el cuarto lugar en producción de grano, después del trigo, el arroz y el maíz. Este cereal tiene múltiples aplicaciones, ya sea en la alimentación humana o en la animal, para la cual se utiliza tanto el grano como el follaje.

A pesar del gran valor nutritivo que tiene la avena, este cereal es utilizado principalmente en la alimentación del ganado, solo una pequeña cantidad se destina al hombre, por lo tanto es necesario dar información a la población acerca de los diferentes productos que se pueden realizar utilizando este cereal como ingrediente base contribuyendo de esta manera con la alimentación humana.

En este trabajo se resaltan las propiedades nutricionales que tiene la avena, y de que manera podemos transformarla para poder aprovechar la producción que se obtiene en nuestro país.

Se ha observado que en los últimos años el hombre se ha preocupado más por llevar a cabo una dieta que le ayude a mantener en buen estado su salud, por lo que se ha ampliado la variedad de productos en los que se utilizan los cereales tales como la avena. Es importante no olvidar que para obtener productos de calidad se debe tener un control desde que el producto se va a producir como materia prima, es por ello que en esta tesis, se mencionan

algunas de las condiciones que se deben controlar a lo largo de la producción de avena en el campo. Una vez cosechado el grano de avena el ingeniero en alimentos toma un papel muy importante, ya que se encargara de buscar las condiciones adecuadas para mantener el grano de avena en buen estado y poder transformarlo en productos con calidad.

## 1. GENERALIDADES

La avena es un cereal anual robusto de aproximadamente un metro de altura, pertenece a la familia de las gramíneas distribuido en los climas templados y subtropicales.

La mayoría de los autores coinciden en que la avena tiene su origen en Asia Menor. Según Delgadillo (2001), la avena sativa fue introducida en México por los españoles poco después del año 1600.

La planta de avena es una planta erguida, con hojas planas y ásperas que llegan a medir 25 cm de largo y 1.6 de ancho. Cuenta con raíces primarias que funcionan hasta el comienzo del ahijamiento, posteriormente aparecen las raíces secundarias, cuando la planta emite sus tallos estas raíces sustituyen a las raíces primarias. La planta cuenta con tres a cinco tallos huecos. Sus flores son hermafroditas autógamas esto significa que el polen de cada una de ellas fecunda al órgano femenino que la acompaña. (Bellido, 1991)

Dentro del género *Avena* existen de diez a quince especies aproximadamente, ampliamente cultivadas para alimento humano y animal. La especie más importante de avena, es la avena *sativa* ya que representa el 80% de la producción mundial.

La Federación de Rusia es el país con mayor producción de avena en el mundo, aproximadamente el 28% de la producción mundial, esto es debido a las grandes extensiones de tierra que siembran, le siguen Canadá y Estados Unidos con el 14 y 7% respectivamente.

En México el cultivo de avena destaca como una fuente importante como alimento en la industria pecuaria, del total de la producción cerca del 80% de la producción nacional es destinada para consumirse como forraje verde, forraje

henificado y alimentos balanceados, y sólo una pequeña parte se destina para el consumo humano. Entre las variedades que se cultivan en nuestro país se encuentran las mostradas en la Tabla 1.1

**Tabla 1.1 Variedades de avena cultivadas en México**

Variedad	Uso	Zonas de adaptación
Avena AB-177	Forraje	Chihuahua y valles altos.
Avena babicora	Grano y forraje	Región Tarahumara, Chihuahua.
Avena Chihuahua	Grano y forraje	Aguascalientes, Coahuila, Chihuahua, Jalisco, Hidalgo, Sonora, Veracruz, Tlaxcala, Zacatecas.
Avena Cuauhtemoc	Forraje	Aguascalientes, Coahuila, Jalisco, Hidalgo, Queretaro, Sonora, Veracruz, Tlaxcala, Zacatecas.
Avena Cusihuirachi	Forraje	Chihuahua, Zacatecas.
Avena Pampas	Grano y forraje	Chihuahua, Zacatecas.
Avena Papigochi	Forraje	Michoacán, Zacatecas.
Avena raramuri	Grano y forraje	Jalisco, Michoacán, Zacatecas.

Según la Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), en México se dedican al cultivo de avena forrajera una superficie muy variable que en promedio fluctúa en 770,000 hectáreas, y para el cultivo de avena grano 74,000 hectáreas esto en el año 2005. Chihuahua se considera la zona avenera, le siguen el Edo. México y Zacatecas, en segundo y tercer lugar respectivamente.

En las Tablas 1.2 y 1.3 se observa la producción nacional de avena forrajera y de grano, ordenada de acuerdo a los estados que mayor producción tuvieron en el año 2005.

**Tabla 1.2 Producción nacional de avena forrajera (Ciclo primavera – verano 2005)**

Estado	Cantidad (Ton)
Chihuahua	1,753,766
Estado de México	1,078,893

Zacatecas	661,282
Durango	378,779
Guanajuato	145,947
Michoacán	133,177
San Luis Potosi	103,460
Hidalgo	86,938
Puebla	86,342
Distrito Federal	73,523
Tlaxcala	68,381
Cohahuila	51,128
Jalisco	44,949
Veracruz	25,389
Oaxaca	10,405
Morelos	8,900
Nuevo León	8,446
Querétaro	8,244
Aguascalientes	5,643
Baja California	161
Región Lagunera	104
Tamaulipas	75
<b>Total</b>	<b>4,733,930</b>

Fuente. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)

**Tabla 1.3 Producción nacional de avena grano (Ciclo primavera – verano 2005)**

Estado	Cantidad (Ton)
Chihuahua	62,871
Estado de México	22,881
Hidalgo	2,668
Durango	455
San Luis Potosi	330
Zacatecas	218
Michoacán	80
<b>Total</b>	<b>89,503</b>

Fuente. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)



## 2. ESTRUCTURA DEL GRANO DE AVENA

Cada semilla está contenida en un fruto llamado cariósido, el cual exteriormente presenta una estructura denominada pericarpio; éste corresponde a la fusión de las paredes del ovario y se presenta unido a la testa de la semilla. Esta última está conformada internamente por el endospermo y el embrión (Figura 2.1), el cual a su vez está constituido por la coleorriza, la radícula, la plúmula u hojas embrionarias, el coleoptilo y el escutelo o cotiledón. Las dimensiones del grano de avena son de aproximadamente de 6 a 13 mm de longitud y de 1.0 a 4.5 mm de ancho.

La densa estructura física de la avena es similar a la del grano de trigo y cebada. Aunque, ésta se encuentra cubierta con numerosos tricomas o vellosidades. Las tres divisiones principales en las que suele clasificarse al grano son: salvado, endospermo y germen. Comenzando por la parte externa del grano, la capa de salvado consta de la epidermis, cubierta de la semilla, capa de hialina, y células de aleurona, en ese orden. El germen se compone de tejido de pared celular, mientras que el endospermo está compuesto principalmente por células de almidón.

El germen de avena, cuando es observada una sección longitudinal del grano, ocupa aproximadamente una tercera parte en dirección hacia el lado ventral. Este es más largo y estrecho que el germen del trigo. En los límites del germen se localiza una capa de células en forma de columna, las cuales son fuertemente coloreadas por proteínas. (Matz, 1991)

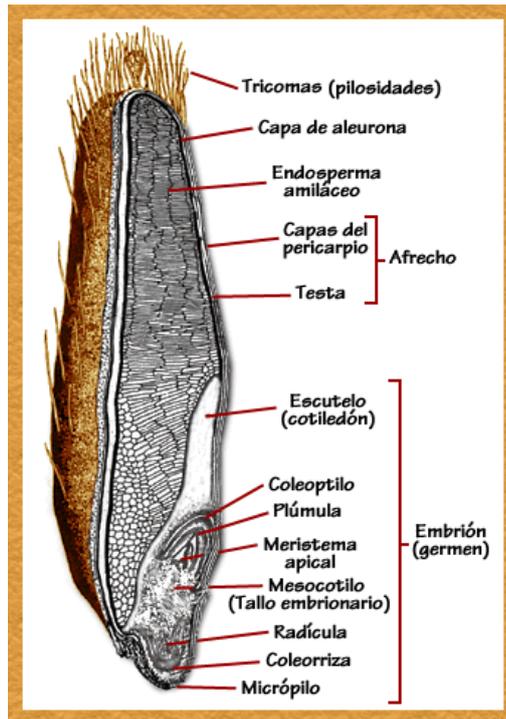


Figura 2.1 Estructura del grano de avena.

## Glumas

Las glumas son estructuras florales en forma de hoja que encierran a las cariopsis de los cereales. Sirven como un mecanismo de protección en el grano en desarrollo y maduro contra agentes externos como insectos, hongos y humedad. Las glumas están formadas por dos estructuras: la lema y la palea. La lema generalmente cubre el embrión y termina en una punta lanceolada, llamada arista

## Pericarpio

El pericarpio encierra a la semilla y está compuesto de varias capas de células. Básicamente esta estructura se divide en epicarpio, mesocarpio y endospermo. Este último tejido a su vez se subdivide en células intermedias, cruzadas y tubulares.

El epicarpio o epidermis es la capa más externa del pericarpio. Sus células son alargadas, rectangulares y con paredes celulares angostas. Por debajo de las células intermedias existen las llamadas células cruzadas que son alargadas y cilíndricas y su posición es transversal a la del grano. Su función primordial es evitar que la humedad conducida por las células tubulares se pierda, se puede decir que actúan como un sello o empaque. Las células tubulares son aproximadamente del mismo tamaño que las cruzadas, pero su eje alargado corre paralelo y a lo largo del grano. Estas células tienen una función importante pues sirven de medio de conducción y distribución del agua que se absorbe a través del germen durante el proceso de germinación.

Las funciones primordiales del pericarpio son proteger el grano contra agentes bióticos externos, impedir la pérdida de humedad y conducir y distribuir el agua y otros nutrientes durante la germinación.

### **Testa**

La testa está firmemente adherida a la parte ventral de las células tubulares y consiste en uno o dos estratos de células. El color de algunos granos depende en parte de la existencia de pigmentos en estas capas celulares.

### **Endospermo**

#### **Aleurona**

La aleurona en la avena puede contar con una o dos capas celulares. La composición y estructura de la capa de aleurona es totalmente distinta a la del resto del endospermo. Las células no contienen gránulos de almidón, en cambio tienen alto contenido de proteína, concentrada en gránulos de aleurona, aceite principalmente encerrado en los esferosomas y minerales. Las paredes de estas

células son gruesas con alto contenido de fibra y tienen la propiedad de fluorescer cuando se observan bajo luz ultravioleta.

La capa de aleurona juega un papel muy importante durante la germinación, porque sintetiza las enzimas indispensables para lograr desdoblar a los compuestos del endospermo.

#### Endospermo periférico

El endospermo periférico se caracteriza por su alto contenido proteico y por contener unidades de almidón pequeñas, angulares y compactas.

#### Endospermo vítreo

Las células maduras del endospermo maduro contienen básicamente cuatro estructuras: paredes celulares, gránulos de almidón, matriz y cuerpos proteicos. Las paredes celulares son delgadas y encierran a los demás componentes. En ellas hay un alto contenido de fibra insoluble (celulosa y beta glucanos) y soluble (pentosanas). Los gránulos de almidón ocupan la mayoría del espacio celular y están rodeados y separados por la matriz proteica que sirve como pegamento para mantener la estructura interna de la célula. Los cuerpos proteicos son redondos y muy pequeños si se comparan con las unidades de almidón. Están dispersos en el espacio celular y en su mayoría incrustado en la membrana de los gránulos de almidón. En las células del endospermo vítreo no existen espacios de aire y los gránulos de almidón están bien recubiertos por la matriz proteica, por lo que adquieren formas angulares. Esta estructura tiene una apariencia vítrea o traslúcida debido a que la luz no es difractada cuando pasa a través del endospermo.

## Endospermo almidonoso

El endospermo almidonoso se encuentra encerrado por el vítreo. Es decir, se encuentra en la parte más céntrica del grano. Contiene las mismas estructuras del endospermo vítreo, pero las unidades de almidón son de mayor tamaño y menos angulares; la asociación entre los gránulos de almidón y la matriz proteica más débil y las unidades de almidón tienen menos incrustaciones de los cuerpos proteicos, las paredes celulares son más delgadas y en general tienen un menor contenido de proteína que el anterior.

La proporción entre ambos endospermos determina la dureza y densidad del grano y por consiguiente muchos factores que afectan el procesamiento de alimentos.

## Germen

Básicamente el germen encierra al axis embrionario y al escutelo o escudo. Esta estructura se encuentra adherida o fusionada al endospermo por medio del escudo. Este tejido y su epitelio son morfológicamente el único cotiledón de las gramíneas. Sirve como almacén de nutrientes y como puente de comunicación entre la plántula o embrión en desarrollo y el gran almacén de nutrientes del endospermo. El axis o eje embrionario resulta de la diferenciación del embrión y está formado por la radícula y la plúmula, que formarán las raíces y la parte vegetativa de la planta, respectivamente. El germen se caracteriza por carecer de almidón y por su alto contenido de aceite, proteína, azúcares solubles y cenizas. Además, es alto en vitaminas B y E y genera la mayoría de las enzimas para el proceso de germinación.

### 3. COMPOSICIÓN QUÍMICA

**Tabla 3.1 Composición química del grano de avena**

Componentes	Cantidad (%)
Proteínas	10
Grasa	4,8
Hidratos de carbono	58,2
Celulosa	10,3
Materias minerales(P,Mn,Fe. Etc.)	3,1
Humedad	13,3
Total	100

López Magaldi ,1986.

Esta composición del grano permite que la avena sea utilizada en mezclas con harina de otros cereales para la fabricación de pan y también que entre a formar parte de las bebidas fermentadas.

La proteína del grano de avena, no forma gluten cuando se le mezcla con agua, por esto, la harina o sémola de avena no se puede utilizar para hacer pan.

#### 3.1 CARBOHIDRATOS

**Tabla 3.2 Contenido de carbohidratos en la avena (% con respecto al total de carbohidratos)**

Carbohidrato	Cantidad (%)
Almidón	33-43
Celulosa	29.4
Lignina	16.7
Pentosanas	14

La avena entera contiene aproximadamente un 14% de pentosanas, principalmente arábica y xilana. La concentración más alta de pentosanas se encuentra en las cáscaras, aunque el grano tendrá un 4%. El contenido de pentosanas hace a las cáscaras de avena una materia prima importante para la manufactura de furfural, así como un intermediario y solvente químico.

Las gomas de la avena son solubles en agua caliente, pero se disuelven más fácilmente en álcalis diluidos produciendo soluciones altamente viscosas, y esta viscosidad se pierde muy lentamente. Esta característica conduce a la idea de que este material podría ser utilizado como un ingrediente potenciador de textura en bebidas y alimentos, pero el problema es que no existe un proceso comercial económicamente factible para la separación y purificación de glucanos.

La fibra en la avena se encuentra sobre todo en la cáscara y está constituida principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina. Las cáscaras secas contienen aproximadamente 16.7% de lignina y 29.4% de  $\alpha$ -celulosa.

La celulosa (Figuras 3.1 y 3.2) es un polímero lineal de varios miles de glucosas unidas por enlaces  $\beta$ -1,4. Tiene una estructura lineal o fibrosa, en la cual se establecen múltiples puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas yuxtapuestas, haciéndolas impenetrables al agua, y originando fibras compactas que constituyen la pared celular de las células vegetales.

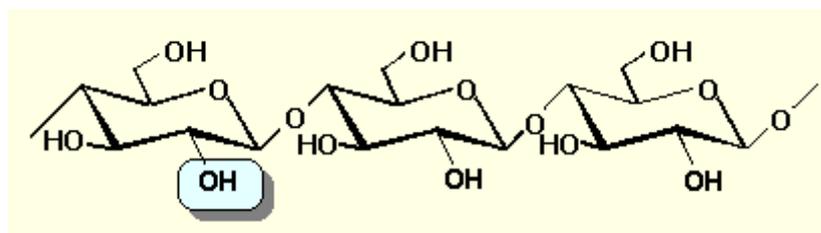


Figura 3.1 Estructura de la celulosa

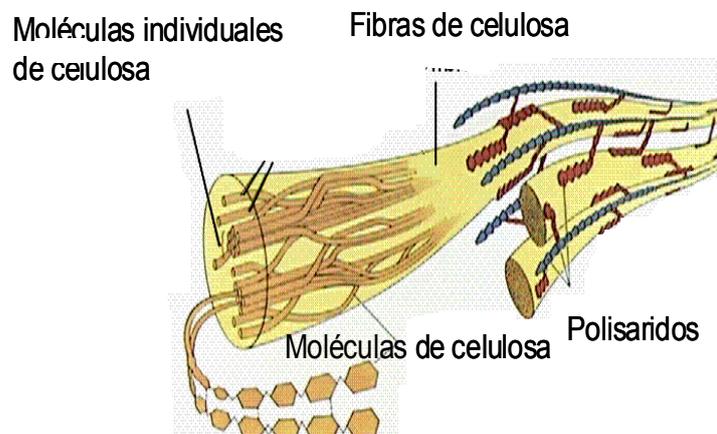


Figura 3.2 Estructura de las fibras de celulosa en los vegetales

A la hemicelulosa básicamente se le encuentra asociada con otro polisacárido como las pectinas, la celulosa y las gomas.

Este tipo de carbohidrato presenta una capacidad de absorción bastante considerable y es lo que se le conoce popularmente con el nombre de fibra soluble, al hidratarse este polisacárido tiene la capacidad de aumentar el bolo que ayuda a efectuar la defecación más fácilmente.

La lignina es una sustancia que acompaña a la celulosa, es de gran peso molecular, de carácter hidroaromático, con grupos hidróxilos, metilados en un 15-20%.

De la avena entera se puede extraer entre un 33 y 43%, en base seca, de almidón, y el contenido real de almidón es indudablemente un poco más alto. Los gránulos son de forma muy irregular, normalmente asumen una configuración poliédrica, aunque también se ha observado una gran cantidad de partículas en forma ovoide y hemisférica. El tamaño promedio varía de acuerdo con la ubicación dentro del grano. La mayoría de los gránulos caerán dentro de un rango de tamaño de 3 a 10 micrones en su dimensión más larga, dando la avena las partículas de almidón más pequeñas de todos los cereales excepto el arroz.

El almidón está formado por una mezcla de dos sustancias, amilosa y amilopectina, que sólo difieren en su estructura: la forma en la que se unen las unidades de glucosa entre si para formar las cadenas. Pero esto es determinante para sus propiedades. Así, la amilosa es soluble en agua y más fácilmente hidrolizable que la amilopectina (es más fácil romper su cadena para liberar las moléculas de glucosa).

La amilosa (Figura 3.3) es un polímero lineal formado por 250-300 unidades de  $\alpha$ -D-glucopiranosas, unidas exclusivamente por enlaces  $\alpha$ -1,4. La amilosa se disuelve fácilmente en agua, adquiriendo una estructura secundaria característica,

de forma helicoidal, en la que cada vuelta de la hélice comprende 6 unidades de glucosa:

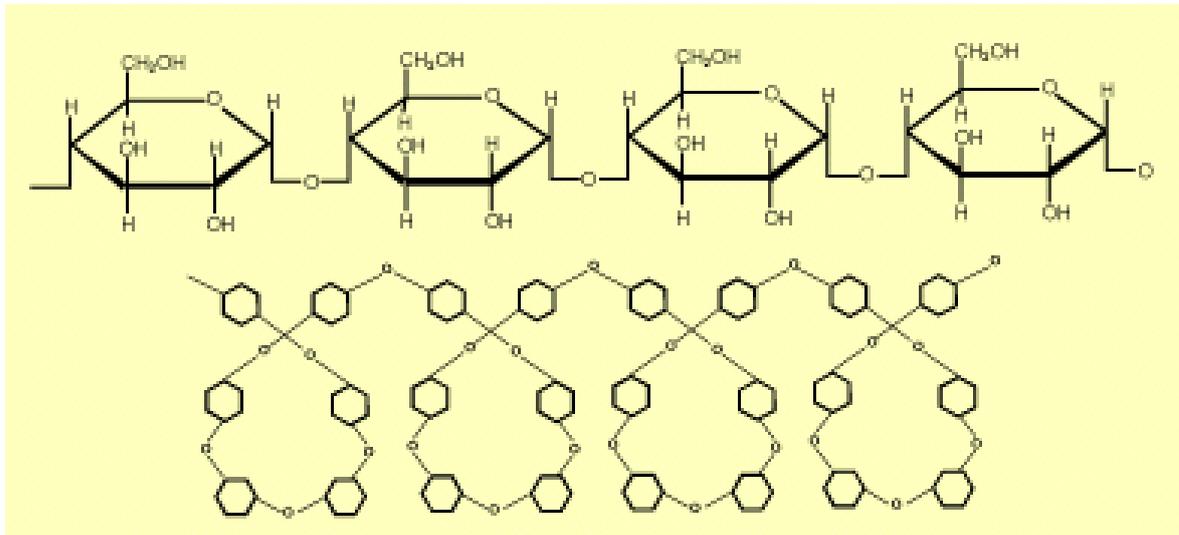


Figura 3.3 Estructura de la amilosa

La amilopectina (Figura 3.4) es un polímero ramificado, compuesto por unas 1000 unidades de  $\alpha$ -D-glucopiranosas. Además de las uniones  $\alpha$ -1,4 contiene uniones  $\alpha$ -1,6. Las uniones  $\alpha$ -1,6 están regularmente espaciadas (cada 25-30 residuos de glucosa), y son los puntos por donde se ramifica la estructura. Cada rama contiene únicamente uniones  $\alpha$ -1,4.

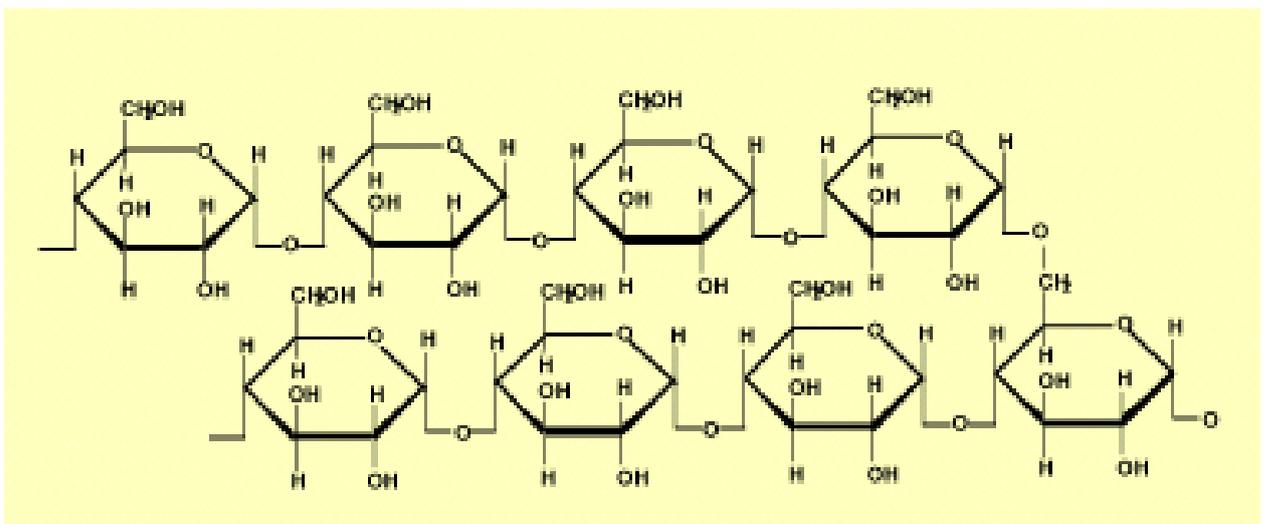


Figura 3.4 Estructura de la amilopectina

Los gránulos individuales se desarrollan en manojos o racimos de aproximadamente 60 micrones de diámetro. Los racimos compuestos, los cuales ocupan la mayor parte del espacio central dentro de las células del endospermo, son usualmente rotas durante el procesamiento del grano, produciendo los gránulos de forma irregular observados en la mayoría de las preparaciones de almidón. El contenido de amilosa es de aproximadamente 23 a 24%.

El hinchamiento, pastosidad, y gelatinización del almidón son propiedades importantes en el procesamiento de cualquier producto derivado de la avena que incluya tratamiento térmico en presencia de agua, tales como las hojuelas, harina y productos extruídos instantáneos. Por lo tanto, la variabilidad en la funcionalidad del almidón afecta la calidad del producto final. Investigaciones han mostrado que el medio ambiente en que se cultiva la avena, así como el genotipo son factores que afectan directamente la funcionalidad y contenido total de almidón, aunque aún no se sabe cuáles condiciones ambientales en específico son las responsables de estas variaciones.

La proporción de amilosa y amilopectina en el almidón de la avena tiene una gran influencia en su funcionalidad. Se ha observado una correlación positiva entre el contenido de amilosa y la temperatura de gelatinización, esto posiblemente se deba a la inhibición del hinchamiento. También se ha observado una correlación negativa del contenido de amilosa con la claridad de las pastas elaboradas con almidón de avena.

Otra evidencia de la variabilidad en la funcionalidad del almidón de avena proviene de investigaciones dirigidas hacia los geles de almidón, observándose diferencias en la fuerza, opacidad, elasticidad y pegajosidad de geles elaborados con diferentes genotipos de avena canadiense y con el mismo genotipo en tres localidades distintas. (Rhymer, 2005).

A los productos derivados de la avena se les ha atribuido varios efectos positivos sobre la salud, entre los cuales se encuentra el control de colesterol, modulación de la respuesta de la insulina y glucosa, control de peso, y mejora en el funcionamiento del sistema gastrointestinal. Probablemente el ingrediente presente en la avena que más se ha reconocido por contribuir a la salud es el  $\beta$ -glucano, una fibra soluble.

Los  $\beta$ -glucanos de la avena son polisacáridos que no forman parte del almidón. Al igual que el almidón, se componen de cadenas largas de glucosa, pero el tipo de enlace entre los monómeros de glucosa son diferentes. En el almidón, los monómeros de glucosa se conectan mediante enlaces  $\alpha$ : en la amilosa hay enlaces  $\alpha$ -1,4 mientras que en la amilopectina, además de enlaces  $\alpha$ -1,4 de las cadenas de glucosa, también cuenta con enlaces  $\alpha$ -1,6 al inicio de las cadenas. Ambos enlaces son digeridos fácilmente por enzimas en el intestino.

Los  $\beta$ -glucanos, al igual que la celulosa, son polímeros lineales de glucosa, pero cuentan con enlaces  $\beta$ -1,4 y  $\beta$ -1,3, formando una cadena de celulosa con enlaces  $\beta$ -1,4 interrumpida por unidades de glucosa con enlaces  $\beta$ -1,3. Aproximadamente el 70% de los enlaces son  $\beta$ -1,4 y el resto  $\beta$ -1,3. La distribución no se da al azar: los enlaces 1,3 siempre se presentan individualmente, y la mayoría de los enlaces 1,4 en grupos de tres o cuatro. El intestino no contiene enzimas capaces de digerir los  $\beta$ -glucanos, así que por definición son una fibra. (Duss, 2004)

La mezcla de enlaces que compone a los  $\beta$ -glucanos es importante para sus propiedades físicas, tales como la viscosidad y la solubilidad. La presencia de los dos tipos de enlaces evita que las cadenas se compacten, haciéndolas parcialmente solubles en agua. Se ha comprobado que los  $\beta$ -glucanos son responsables de una gran proporción de las propiedades pastosas y térmicas de la harina de avena. (Colleoni, 2004).

Para mantener los atributos funcionales de los  $\beta$ -glucanos es importante procesar el grano de avena con el salvado, el cual contiene una elevada concentración de estas sustancias. Estas macromoléculas son mecánicamente sensibles y pueden romperse a velocidades de cizallamiento altas, requiriéndose una atención cuidadosa en el tratamiento mecánico durante el procesamiento. (Duss, 2004).

### 3.2 SUSTANCIAS NITROGENADAS

**Tabla 3.3 Contenido de proteínas en avena. (% respecto al total de proteína)**

Proteína	Cantidad (%)
Globulinas	55
Glutelinas	21-27
Albumina	9-20
Prolaminas	10-15

Varias referencias indican que del nitrógeno de la avena, del 85 al 94% está presente en grupos amida y amino. Los datos que normalmente se presentan para el contenido de proteína en la avena son los contenidos de nitrógeno-Kjeldahl multiplicados por el factor 6.25. Existe controversia sobre la aplicabilidad de este factor, pero cuando es utilizado, el contenido de proteína promedio en una muestra de harina de avena es de aproximadamente 13.1%, en las cáscaras de 4.5%, y en los granos de 16.9% (sobre base seca).

Generalmente la avena contiene un porcentaje más alto de proteína que otros cereales, y este componente tiene un valor biológico más alto que el de la proteína de cualquier otro cereal común. Esto es debido a una mayor cantidad de aminoácidos esenciales, los cuales son limitantes en el trigo, el maíz, etc. Uno de estos es la lisina que está presente en la avena en un 3.2-5.5%.

La proteína de la avena difiere de la proteína de los otros cereales en que la mayor parte, aproximadamente 55% es de tipo globulina, mientras que del 21 al 27% es de tipo glutelina. Estas cifras están sujetas a una incertidumbre

considerable, variando substancialmente dependiendo del método de extracción y de la técnica subsecuente, pero no variará mucho entre diferentes cultivos.

La albúmina, la cual es la fracción soluble de las proteínas, se cree que está compuesta casi en su totalidad por enzimas, aunque muchas de las enzimas no han sido identificadas o caracterizadas. La albúmina está presente en cantidades que van desde un 9 hasta un 20% del total de la proteína.

Las prolaminas se localizan principalmente en los cuerpos proteicos del endospermo y tienen diferentes denominaciones en los cereales, en el caso de la avena se denomina aveninas.

El aminoácido limitante de los cereales es la lisina y la cantidad de lisina en la proteína de avena es entre 3.2-5.5 %, y la cantidad recomendada por la FAO es de 5.2g lisina /100 g de proteína. La fracción de proteína y aminoácidos varía según el estado fisiológico de la planta.

La avena es única entre los cereales porque el equilibrio de sus aminoácidos es muy bueno desde el punto de vista de la nutrición.

**Tabla 3.4 Composición de aminoácidos de la avena y algunas de sus fracciones (% con respecto al total de proteína)**

Aminoácidos	Avena total	Sémolas	Endospermo
Lisina	4,2	4,2	3,7
Histiadina	2,4	2,2	2,2
Arginina	6,4	6,9	6,6
Ácido aspártico	9,2	8,9	8,5
Treonina	3,3	3,3	3,3
Serina	4,0	4,2	4,6
Ácido glutámico	21,6	23,6	23,6
Cisteína	1,7	1,6	2,2
Metionina	2,3	2,5	2,4
Alanina	5,1	5,0	4,5
Valina	5,8	5,3	5,5
Prolina	5,7	4,7	4,6

Isoleucina	4,2	3,9	4,2
Leucina	7,5	7,4	7,8
Tirosina	2,6	3,1	3,3
Fenilalanina	5,4	5,3	5,6

R. Carl. Hosney

### 3.3 LÍPIDOS

**Tabla 3.5 Composición de ácidos grasos de la avena y la sémola (% con respecto al total de ácidos grasos)**

Ácido graso	Grano entero (%)	Sémola (%)
Palmítico	18.9	18.8
Oleico	36.4	39.4
Linoleico	40.5	37.9

El contenido graso en el grano de avena es dos a cinco veces más alto que en el trigo, también el grano de avena contiene una enzima activa, la lipasa que deshace la grasa. La enzima lipasa presente en la avena, se localiza casi totalmente en el pericarpio (las capas externas) del grano. La acción de la lipasa sobre la grasa de la avena (combinación de glicerol y ácidos grasos principalmente oleico, linoleico y palmítico) es hidrolizable a glicerol y ácidos grasos libres.

En el grano intacto de la avena cruda, la lipasa y la grasa no están en contacto, ya que están en partes diferentes del grano y por esto, la lipasa ejerce poco o ningún efecto sobre la grasa.

La grasa de avena está distribuida por todo el endospermo, germen y capa aleurona, siendo las dos últimas partes particularmente ricas.

El glicerol es neutro y estable cuando se libera de la grasa de avena por hidrólisis; no da efectos perjudiciales. Sin embargo la liberación lenta de ácidos grasos y sustancias relacionadas con la grasa de la avena, va acompañada de la producción de sabor amargo.

En los granos como el maíz y trigo, la cantidad de lípidos se concentra en el germen facilitando así su extracción. Sin embargo los lípidos de la avena son distribuidos a lo largo del grano en lugar de concentrarse en el germen.

Algunos estudios realizados han demostrado que la avena tiene altas cantidades de ácido oleico y linoleico, que son esenciales en la alimentación humana. También contiene pequeñas cantidades de lecitina, compuesta por una molécula de glicerol, combinada con dos de ácidos grasos y una de ácido fosfórico, el cual a su vez está unido a la colina.

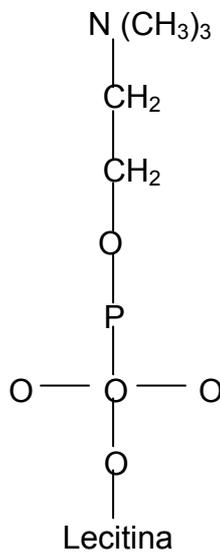


Figura 3.5 Estructura de la lecitina

El grano de avena puede representar una valiosa fuente de lípidos dietéticos.

Los granos sanos de avena contienen normalmente un promedio de 6,7 % de la grasa en forma de ácidos libres.

### 3.4 VITAMINAS Y MINERALES

**Tabla 3.6 Composición de vitaminas y minerales por cada 100 g de avena**

Vitamina o mineral	Cantidad
Potasio	429 mg
Sodio	2 mg
Fósforo	523 mg
Calcio	54 mg
Magnesio	11 mg
Hierro	4,7 mg
Zinc	3,9 mg
Vitamina B1	0,76 mg
Vitamina B2	0,13 mg
Vitamina B6	0,11 mg
Vitamina E	0,70 mg
Folato	56 µg
Niacina	0,323 mg

Los componentes minerales de la avena se concentran en la fracción externa del salvado.

La avena podría ser considerada como una muy buena fuente de manganeso, magnesio, hierro, calcio, zinc, y cobre. El contenido de fósforo también parece muy elevado, pero la biodisponibilidad de este elemento ha sido cuestionada por algunos nutriólogos debido a la forma relativamente inerte (ácido fítico) en la cual este mineral se encuentra en la avena. Existe una falta de información publicada sobre las cantidades de nutrientes traza como el cromo, níquel, cobalto, vanadio, silicio y estaño.

La avena y los productos derivados de esta contribuyen a la dieta de los humanos con una pequeña pero significativa cantidad de vitaminas. Son buena fuente de tiamina y ácido pantoténico. (Matz, 1991)

## **4. VALOR NUTRICIONAL**

La avena es uno de los cereales más completos. Por sus cualidades energéticas y nutritivas ha sido la base de la alimentación de pueblos y civilizaciones como la escocesa, irlandesa y algunos pueblos de las montañas asiáticas.

La avena es uno de los cereales más ricos en proteínas, grasas, carbohidratos, vitamina B1 o tiamina (necesaria para el buen funcionamiento del sistema nervioso) y, en menor proporción, aporta otras vitaminas del grupo B. Así mismo contiene minerales como fósforo, potasio, magnesio, calcio y hierro.

El aceite de avena contiene tocotrienoles que son potentes inhibidores de la síntesis del colesterol. (SAGARPA, 1994).

### **4.1 PROTEÍNAS**

Como se recordará las proteínas son las sustancias más abundantes en el organismo después del agua. Son las constructoras de músculos, células de la sangre y otras partes del cuerpo. Las proteínas están constituidas por aminoácidos, la nutrición humana requiere de 20, de los cuales 9 son llamados esenciales, debido a que no son producidos en el cuerpo y deben ser obtenidos a partir de una buena alimentación. Cuanto más elevado es el número de aminoácidos esenciales presentes en un alimento, mayor es su valor biológico.

Las fuentes alimenticias que se consideran excelentes proveedoras de proteínas son la carne magra, carne de ave, legumbres, mariscos, leche, claras de huevo y, de manera especial, productos de cereales integrales. De éstos, un análisis elaborado por la Universidad de Wisconsin demuestra que la avena es el cereal con mayor contenido proteínico y de aminoácidos esenciales. De éstos

últimos, el grano de avena en muchos casos supera los requerimientos establecidos por la Food Agricultural Organization (FAO). (SAGARPA, 1994)

La combinación de avena con diferentes alimentos vegetales, mejora aún más su proporción de aminoácidos, aproximándola a la ideal para el organismo. Ejemplo: la adición de leche o soya complementa perfectamente la calidad de la proteína de la avena, con todos los aminoácidos necesarios para el organismo.

## **4.2 GRASAS**

El 80% del total son grasas insaturadas y abunda el ácido graso esencial linoleico (omega-6). Otros componentes grasos son el avenasterol, un fitosterol que se sabe contribuye a reducir los niveles de colesterol en sangre al disminuir su absorción a nivel del intestino, y la lecitina que es necesaria para el buen funcionamiento del sistema nervioso y que también contribuye a reducir las tasas de colesterol en sangre.

## **4.3 HIDRATOS DE CARBONO**

La avena contiene hidratos de carbono de absorción lenta y de fácil asimilación. Estos proporcionan energía durante mucho tiempo después de haber sido absorbidos por el aparato digestivo, evitando la sensación de fatiga y desmayo que se experimenta cuando el cuerpo reclama glucosa (hipoglucemia).

El carbohidrato mayoritario es el almidón, pero también contiene pequeñas cantidades de fructosa (el azúcar característico de las frutas y de la miel) y fibra en cantidades significativas. Hay dos tipos de fibra, los mucílagos y la que está presente en el salvado de la avena. Los mucílagos, lubrican y suavizan el tracto digestivo y la fibra del salvado, posee un suave efecto laxante y contribuye a reducir las tasas de colesterol en sangre, mediante un mecanismo similar al del fitosterol avenasterol.



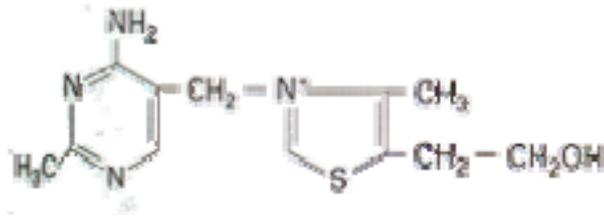


Figura 4.2 Estructura de la vitamina B1

La avena contiene más calcio, hierro, fósforo, magnesio, manganeso, cobre y zinc que cualquier otro grano de cereal. El calcio es esencial en la construcción de huesos y dientes fuertes y el hierro es un importante mineral para la sangre. Además todos los minerales mencionados juegan importantes roles en el proceso metabólico.

#### 4.5 FIBRA

Además de estos componentes esenciales, la avena contiene otros elementos no tan importantes desde el punto de vista nutritivo, pero necesarios para el buen funcionamiento intestinal, uno de estos componentes son los  $\beta$ -glucanos. Se trata de la presencia de fibra insoluble y fibra soluble. La primera fortalece la actividad intestinal, ayudando a mantener el sistema digestivo saludable, es ingerida con la alimentación, pero no se absorbe en el intestino, esta sustancia aumenta el contenido del intestino, con lo cual ayuda tanto a prevenir como a eliminar el estreñimiento. La segunda, según recientes estudios nutricionales, ayuda a reducir el nivel de colesterol. No hay otro cereal que contenga mayor cantidad de fibra soluble que la avena.

##### 4.5.1 Efectos de los $\beta$ -glucanos sobre la respuesta Glicémica

1. Carbohidratos digeridos rápidamente. Muchos de los alimentos que consumimos contienen carbohidratos que son digeridos y absorbidos muy rápidamente del intestino al torrente sanguíneo, provocando una alta respuesta glicémica o índice glicémico (GI) y una rápida secreción de

insulina del páncreas. Se cree que el incremento del nivel de insulina es un factor clave en el desarrollo de varias enfermedades.

Algunos estudios han mostrado que se tienen efectos metabólicos positivos con dietas que contengan carbohidratos de lenta digestión, obteniéndose un bajo GI. Datos epidemiológicos sugieren que un bajo GI podría ayudar a prevenir la diabetes tipo II, enfermedades cardiovasculares, síndrome metabólico y puede reducir la resistencia de la insulina.

2. Fibra soluble. En contraste con las fibras insolubles, las cuales no tienen efecto sobre la viscosidad en el intestino delgado, los  $\beta$ -glucanos solubles en agua ejercen su efecto principalmente incrementando dicha viscosidad.

En el intestino, los  $\beta$ -glucanos absorben fluidos y contribuyen con la viscosidad durante la digestión, dando como resultado un periodo de digestión más extenso.

Cuando se retrasa la digestión, el nivel de azúcar en la sangre aumenta más lentamente, disminuyendo así la respuesta de la insulina. El efecto ha sido establecido, pero el mecanismo por el cual se desarrolla no es totalmente comprendido. Una hipótesis sugiere que en el intestino el alimento es “incorporado” a la viscosidad de la solución de  $\beta$ -glucanos, dificultando su degradación por las enzimas. Otra hipótesis es que los  $\beta$ -glucanos forman una capa viscosa protectora a lo largo de la pared intestinal impidiendo que el alimento pueda digerirse rápidamente.

#### **4.5.2 El colesterol y los $\beta$ -glucanos**

Los  $\beta$ -glucanos de la avena provocan un efecto favorable sobre el nivel de colesterol en la sangre y el metabolismo de las lipoproteínas al incrementar la viscosidad en el intestino delgado.

Existen diferentes teorías relacionadas a los mecanismos mediante los cuales los  $\beta$ -glucanos disminuyen el nivel de colesterol en la sangre. Una teoría propone que la viscosidad de los  $\beta$ -glucanos encapsula los ácidos biliares provocando así su excreción en las heces fecales. Los ácidos biliares generalmente son reciclados, es decir, se toman de la parte baja del intestino y son usados nuevamente. A través de la excreción en las heces fecales, el cuerpo pierde ácidos biliares y tiene que sintetizar nuevos, lo cual se realiza en el hígado. El colesterol es el material necesario para producir ácidos biliares, éste es extraído de la sangre por el hígado, disminuyendo su cantidad. Otra hipótesis es que la fermentación de la fibra soluble por una bacteria en el intestino grueso produce propionato. El propionato posteriormente es absorbido por las células del colon y llevado al hígado, donde se considera que tiene un efecto sobre la síntesis de colesterol. Una tercera teoría es que los  $\beta$ -glucanos interfieren con la absorción de lípidos, probablemente reduciendo los procesos de emulsificación e hidrólisis de lípidos.

#### **4.5.3 Los $\beta$ -glucanos y el control de peso**

La saciedad es una compleja sensación corporal de que el estómago está lleno. Cuando se consume avena 20-30 min. antes de comer, los  $\beta$ -glucanos forman un fluido viscoso en el estómago e intestino delgado, que estimula la sensación de saciedad limitando el apetito. Reduciendo el deseo de ingerir alimento, ayuda en el control de peso cuando se combina con una dieta saludable y balanceada además del ejercicio. Como resultado de la extensión del periodo de digestión, los nutrientes son utilizados por el cuerpo durante un largo periodo provocando un mayor tiempo de saciedad. (Duss, 2004).

#### **4.6 FUENTE DE ENERGIA**

Otra de las características reconocidas de la avena es su valor como fuente de energía y vitalidad. Eso hace que sea el alimento ideal para quienes desean

aumentar su capacidad energética: los estudiantes, las personas que se encuentran abatidas, sin fuerzas, con permanente sensación de sueño o con stress permanente.

## 5. PARTICULARIDADES DEL CULTIVO DE AVENA

La planta de avena se adapta mejor a suelos ácidos, compactos o sueltos, pH entre 5 y 7, no resiste suelos salinos. La temperatura óptima del suelo para el crecimiento es de 25 a 31° C. (Delgadillo, 2001)

La semilla utilizada en la siembra debe estar limpia y clasificada y ser de buen poder germinativo. Es importante desinfectar las semillas para siembra, ya que pueden ser vehículo de transmisión de organismos fitopatógenos

Cuando haya necesidad de fertilizar un cultivo de avena, hay que tener en cuenta que el nitrógeno se debe agregar antes del ahijamiento ya que durante este período la planta lo toma en mayor cantidad. Para los cereales, los nutrientes de mayor importancia son nitrógeno, el fósforo y el potasio. El nitrógeno es necesario para mantener el follaje verde, el fósforo estimula el crecimiento de las raíces, acelera la maduración del grano y el potasio fortalece el tallo. (Trujano, 2001)

En condiciones donde sea factible regar se puede dar riego de siembra, un segundo riego más o menos a los 25 días del primero, esto dependerá del suelo y del clima, un tercer riego de encañamiento, un cuarto riego de espigamiento y un quinto en formación de grano. (Robles, 1983)

Tradicionalmente la recolección del grano de los cereales se realizaba manualmente, con el tiempo las operaciones de cosecha se han ido mecanizando. En el año de 1890 aparecieron las primeras cosechadoras, máquinas complejas

que realizan las labores de siega, trilla, separación y limpieza del grano por sí sola. Para forraje, el corte se hace cuando el grano se encuentra en estado lechoso a masoso, pero preferiblemente en este último, pues es cuando se obtiene el equilibrio de máxima calidad y alto rendimiento; es conveniente dar los cortes a una altura de 8 cm del suelo, pues en caso contrario se tendrán los mismos efectos que con sobrepastoreo, en que hay menos recuperación del cultivo y menos porcentaje de ahijamiento. A medida que se atrasa la época de corte, se disminuye el porcentaje de proteínas, la digestibilidad, la vitamina A y el caroteno.

Después de la cosecha se realiza la trilla que consiste en separar los granos de avena de las espigas y paja. Esta operación en muchos lugares se sigue llevando a cabo manualmente con ayuda de un instrumento sencillo, con ayuda de animales, aunque en algunas partes utilizan maquinas cosechadoras que tienen adaptado un mecanismo de trilla. (FAO, 1993)

Los órganos fundamentales del mecanismo de trilla de una cosechadora son el cilindro desgranador y el cóncavo. Existen de dos tipos; un tipo es de dientes o dedos donde el cilindro desgranador está formado por dos partes una móvil o cilindro y una estática o cóncavo. El cilindro va girando y sus dedos se van insertando entre los dedos del cóncavo. Entre ambos queda un hueco donde por fricciones se produce la separación del grano de la espiga.

Otro tipo es el de barras que esta formado por una estructura de discos transversales unidos mediante un eje central. Sobre los discos se fijan unas barras cuya zona exterior es estriada, dispuesta con sus ranuras orientadas en sentidos opuestos, con ello se consigue un movimiento de zigzag para que se lleve a cabo la separación del grano de la paja.

## 5.1 CONTROL DE PLAGAS Y MALEZAS

Aunque el daño causado por insectos en el cultivo de avena no es mayor al 5%, en caso de que se requiera se pueden utilizar los plaguicidas que se muestran en la Tabla 5.1. (Metcalf, 1987)

**Tabla 5.1 Plagas que atacan a la avena**

Nombre	Plaguicidas para controlar
<i>Schizaphis graminum</i> (Pulgón verde de los cereales).	Paration, mercaptotión, tometon.
<i>Rhopalosiphum pseudoavanae</i> (Pulgón de la avena).	Paration, mercaptotión, tometon
<i>Agrotis pycnospila</i> (Oruga cortadora grasienta).	Carbaril, endosulfan.
<i>Cirphis unipuncta</i> (Oruga militar verdadera)	Triclorfón, endosulfan, carbaril, fentoato.
<i>Laphygma frugiperda</i> (Oruga militar tardía)	Carbaril, metonil, metidation.

(Metcalf, 1987)

Las malas hierbas que más se presentan en el cultivo de avena son: el acahual, el quelite, chayotiyo, nabo y rosilla, las cuales pueden reducir la calidad y el rendimiento del cultivo ya que compiten por espacio, luz, humedad y nutrimentos.

Los herbicidas usados con más frecuencia para controlar malezas se muestran en la Tabla 5.2

**Tabla 5.2 Control de malezas en avena**

Nombre Técnico	Nombre Comercial	Dosis Producto Comercial	
		(L/ha)	(g/ha)
MCPA amina	Hedonal M 750, U 46 M	0.75 - 1.0	----
Cianazina	Fortrol 500SC	0.50 - 0.70	----
Dicamba	Banvel 480 SL	0.20 - 0.30	----
Metsulfuron metil	Aliado PM	----	8
Triasulfuron	Logran 75 WG	----	10

Fuente: INIA, 2000.

## 5.2 ENFERMEDADES

Durante el desarrollo del grano, éste puede ser invadido o contaminado por diversos patógenos. Generalmente las semillas infectadas van a producir cultivos de menor calidad, pues al desarrollarse la nueva plántula, se desarrollará también el patógeno contenido en la semilla. Entre los patógenos asociados a semillas están los hongos, bacterias virus y nematodos.

El sitio de infección de las semillas puede ser el embrión, el endospermo y el pericarpio.

Algunos hongos manchan el grano disminuyendo el valor comercial, otros causan un pobre desarrollo de la semilla, la cual queda de menor tamaño, por ejemplo el carbón volador y el carbón cubierto.

Algunas de las enfermedades que puede presentar la avena son las siguientes:

**Corrimiento:** Es la producción de espiguillas blancas cerca de la base de la panoja.

**Manchas grises o manchas secas de la hoja:** Las superficies de las hojas se agrandan y se secan y cambian a un color amarillento, las plantas que se ven afectadas no desarrollan correctamente, lo que se ve reflejado en la reducción del rendimiento.

**Mosaicos:** Virus transmitidos por insectos, los síntomas más comunes son manchas rojas o amarillas, las afecciones tempranas causan enanismo de la planta.

## **6. OPERACIONES POSCOSECHA**

### **6.1 LIMPIEZA**

Esta operación se lleva a cabo en dos etapas, se realiza una limpieza preliminar y posteriormente una limpieza especializada.

#### **6.1.1 Limpieza preliminar**

Este tipo de limpieza generalmente se realiza en el campo. Se eliminan las impurezas de mayor tamaño, tales como las piedras, paja y palos. Esta operación se realiza con cribas o un separador de cilindro.

#### **Cribas**

La avena es alimentada sobre la criba superior, la cual está adaptada con una malla de metal con perforaciones de 2.54 cm de largo por 1.27 cm de ancho. Cae a través de las perforaciones hacia la siguiente malla, la cual cuenta con perforaciones triangulares de 3.5 mm por lado. Algunas impurezas finas pasan a través de este tamiz, mientras que la avena es retenida y pasa hacia el interior del conducto de aspiración para eliminar impurezas ligeras como cascarillas y polvo.

Dependiendo del diseño, se puede disponer de tamices con diferentes tipos de movimiento:

1. Movimiento rotatorio en el cual el tamiz se mueve en círculo dentro de un plano horizontal. La velocidad y el radio de rotación están interrelacionados y varían de acuerdo al diseño; con radios de 2.54 cm, la experiencia a demostrado que la mejor velocidad es alrededor de 300 rpm, mientras que para un radio de 2.54-1.90 cm, la mejor velocidad es aproximadamente 195 rpm. El movimiento rotatorio cuenta con una ligera tendencia a separar productos de acuerdo a su

longitud. Los granos más pequeños pasan a través de las perforaciones mientras que los más grandes son retenidos.

2. Movimiento oscilatorio o alternado en el cual el tamiz está ligeramente inclinado. La velocidad y longitud de movimiento también están interrelacionadas para resultados óptimos. Para la limpieza de avena, el rango de velocidad es aproximadamente de 300 a 450 movimientos por minuto y la longitud de movimiento es de 1.27–3.17 cm. En general, a mayor velocidad, menor longitud de movimiento. La pendiente del tamiz varía dependiendo del diseño. El movimiento oscilatorio tiene la tendencia a separar el producto en delgados y anchos.
3. Movimiento combinado. Este tipo de movimiento combina las ventajas de los dos tipos anteriores. El movimiento rotatorio o giratorio no tiene componente vertical, lo cual le permite al producto permanecer en contacto con la criba en un plano horizontal todo el tiempo. En una maquina oscilatoria, el producto es suspendido fuera de la criba momentáneamente, lo cual disminuye la eficiencia del cribado. Con la combinación de movimientos, la criba más baja utiliza un movimiento alterno, el cual ayuda a mover al producto hacia abajo y hacia arriba, permitiendo el paso del producto. El movimiento giratorio es concentrado en la parte superior de la máquina donde se lleva a cabo del 70 al 90% del cribado.

### **Separador de cilindro**

En un separador de cilindro la avena es alimentada a lo largo de todo el cilindro horizontal principal, el cual está adaptado con una malla con perforaciones de 1.9 X 1.9 cm, rotando a 20 rpm. Los objetos grandes y la paja son retenidos sobre el cilindro, y la avena pasa a través de la malla hacia el conducto de aspiración, donde las impurezas ligeras son removidas y transportadas a una cámara de depósito de polvos. Un transportador lleva estas impurezas hacia el

exterior de la máquina. Las impurezas grandes y los objetos retenidos sobre el cilindro caen sobre un cilindro rotatorio adaptado con malla cuyas perforaciones son de 1.59 X 1.59 cm para recuperar algunos granos que pudieran haberse quedado sobre algún material como papel. La basura desechada cae dentro de un recipiente sobre el piso adyacente a la máquina para una disposición subsecuente.

La mayoría de los separadores cuentan con sistema de aspiración para eliminar el polvo y materiales pequeños antes de que la avena salga de la máquina. Dependiendo del tipo de separador usado, la aspiración puede llevarse a cabo sobre la corriente de entrada, basándose en la teoría de que la eficiencia del cribado se ve incrementada al eliminar previamente los materiales finos; o en la corriente de salida, después del cribado, basados en la teoría de que la aspiración es más eficiente una vez que se han eliminado algunas impurezas.

### **6.1.2 Limpieza especializada**

Esta limpieza se realiza en el almacén antes de almacenar la avena, con la finalidad de eliminar materiales extraños tales como cereales ajenos a la avena, cáscaras, metales y piedras. Los granos de avena que no son deseables también son eliminados, estos granos son:

- Avena doble. La cáscara del grano primario envuelve también al grano secundario. Normalmente ambos granos no se desarrollan completamente, dando como resultado un alto porcentaje de cáscara.
- Avena pegada a la cáscara. Estos granos usualmente son muy delgados, pequeños y demasiado blandos, con poca o nada de avena dentro.
- Avena ligera. Aunque generalmente son de igual tamaño que la avena normal, las avenas ligeras contienen granos pequeños en comparación con el tamaño de la cáscara; estos granos son separados por medio de aspiración.

- Otro tipo de avena. Consta de granos gemelos, decolorados, verdes y sin cáscara; estos granos pueden o no ser eliminados en la limpieza dependiendo de su tamaño

Durante esta etapa también tiene lugar la clasificación de los granos de avena según su longitud y espesor.

La limpieza especializada se realiza en varias etapas, utilizando separadores de disco y cilindros dentados y separadores por gravedad.

### **Separador de discos**

Algunas impurezas son del mismo espesor que la avena, pero con diferente longitud. Una criba con movimiento en plano horizontal remueve las impurezas cuando las dimensiones promedio son totalmente diferentes, pero no realiza una separación eficaz cuando las dimensiones son similares.

Un separador de disco está específicamente diseñado para realizar una separación por diferencia de longitudes.

El separador mostrado en la Figura 6.1 consiste en una flecha horizontal en la cual van montados una serie de discos de hierro, de 6.35 o 4.57 cm de diámetro, con cavidades dentadas en cada lado. Los discos giran a 56-58 rpm, la experiencia ha demostrado que es la mejor velocidad para permitir que los granos o las semillas entren en las cavidades dentadas y sean expulsadas por medio de la fuerza centrífuga. Se dispone de diferentes formas dentadas, así como tamaños, de acuerdo con la separación requerida, existen aproximadamente 52 tipos disponibles. La avena se alimenta por uno de los extremos de la serie de discos, y todas las partículas que se adaptan a las formas dentadas son separadas y transportadas a través del equipo por medio de unas cuchillas inclinadas sobre las cavidades de cada disco, las cuales conectan esta sección con la flecha central; el

producto literalmente pasa debajo del equipo entre las cavidades de un disco hacia el siguiente. Las partículas más grandes, o granos que no se adaptan a las cavidades, son transportados de un disco a otro por medio de las cuchillas inclinadas hasta llegar al último disco y son eliminadas al final del equipo.

En un separador de disco, el producto más pequeño siempre es levantado por cualquiera de las formas dentadas, mientras que el producto más grande es rechazado. Por lo tanto, los discos con cavidades grandes pueden separar a la avena de impurezas grandes como palos, y las semillas pequeñas pueden ser separadas de la avena mediante el uso de discos con cavidades más pequeñas. Para realizar una buena separación debe haber una diferencia de longitudes de 1.6 mm entre los productos a separar.

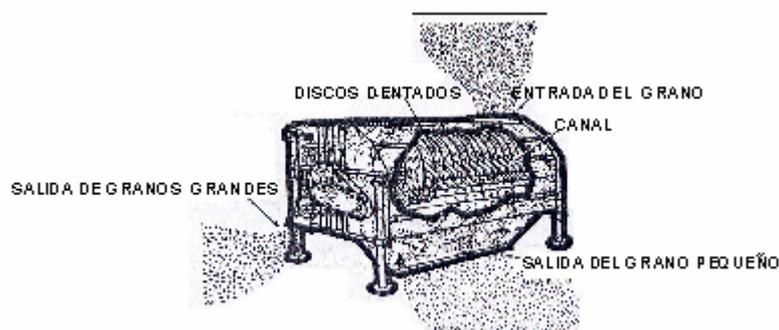


Figura 6.1 Separador de discos.

## Cilindro dentado

Al igual que el separador de disco, este tipo de separador se basa en la diferencia de longitudes.

Este equipo cuenta con un cilindro horizontal dentado en la parte interna, rotando lentamente (56 rpm). Las cavidades separan las partículas más pequeñas y las deposita en un canalón colector que cuenta con un tornillo transportador en el fondo, este colector se localiza en el centro del cilindro, de donde las partículas serán llevadas fuera del equipo.

Las partículas más grandes, las cuales no entran en las cavidades son llevadas fuera al final del cilindro. Por lo tanto, las semillas pequeñas pueden separarse de la avena por medio de dentaduras más grandes. El ángulo del colector en relación con la elevación lateral del cilindro puede ser ajustado con la máquina en operación, y de esta manera, el “punto de corte” de la separación puede ser seleccionado para proveer la separación requerida. El producto entrante tiende a subirse sobre la elevación lateral del cilindro debido a la fricción, pero toda partícula que no entre en las cavidades caerá nuevamente como resultado de la gravedad. Por la posición del borde del colector, por debajo de la elevación lateral del cilindro, una mayor cantidad de partículas más grandes tienen la oportunidad de subir y caer dentro del colector. Por la elevación del borde del colector, más alta que la elevación lateral, sólo las partículas más pequeñas que se ajustan perfectamente dentro de las dentaduras son capaces de caer dentro del colector y ser separadas del resto de la masa. Esta flexibilidad del ajuste en la separación es útil para separaciones más difíciles, tal como la separación de cebada de la avena cuando la longitud de los dos granos es similar pero no idéntica. Los separadores de cilindro dentado tienen menor capacidad que los de disco. La capacidad es reducida debido a que hay menos dentaduras en un cilindro que en una serie de discos. Un ejemplo de un separador de cilindro dentado se puede ver en la figura 6.2.

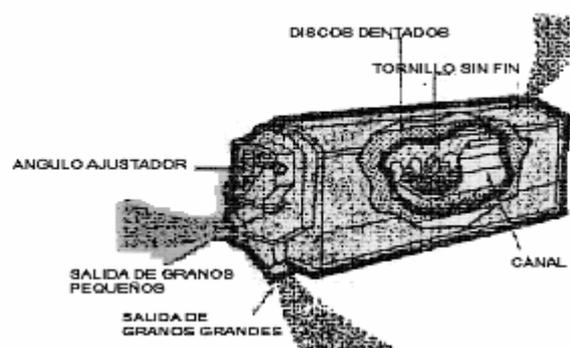


Figura 6.2 Cilindro dentado

## **Separador por tamaño (ancho)**

Este equipo separa los granos cuando sus longitudes son las mismas, pero su ancho o espesor es diferente. Consiste en un cilindro horizontal rotando lentamente (56 rpm) con perforaciones redondas o ranuras rectangulares.

En el cilindro con perforaciones circulares, las perforaciones pequeñas (1.2-4.8 mm de diámetro) tienen varillas internas colocadas longitudinalmente por debajo del cilindro entre cada determinado número de filas de perforaciones, y las perforaciones de mayor tamaño (5.2-10.7 mm de diámetro) son huecas (el orificio se encuentra en el fondo de una dentadura). En el cilindro ranurado las ranuras rectangulares están colocadas en filas, con el lado largo de la ranura alrededor de la semicircunferencia del revestimiento del cilindro. Los tamaños de las ranuras van desde 1.0 hasta 7.9 mm de ancho.

Cuando se utiliza las ranuras rectangulares, éstas suben y alinean las semillas u otros granos que presenten el mismo espesor de las aberturas. Si son lo suficientemente delgadas, caerán a través de las ranuras, mientras que los granos demasiado grandes bajan al revestimiento del cilindro y son retiradas al final del equipo. El producto más delgado que pasa a través de las perforaciones es conducido por un transportador vibratorio debajo del cilindro para sacarlo por el otro lado del equipo.

El revestimiento del cilindro con perforaciones redondas (5.2-10.7 mm de diámetro) se usa para realizar una separación basada en el ancho. Los huecos o dentaduras en la superficie de las perforaciones ocasionan que las semillas u otros granos no deseados suban, presentando el diámetro o ancho de las semillas o granos deseados para caer a través de las perforaciones.

Las varillas en las perforaciones redondas pequeñas (1.2-5.0 mm de diámetro) agitan los materiales y los suben para exponer el diámetro del producto a las perforaciones más o menos como lo hacen las dentaduras en las perforaciones grandes (Figura 6.3).



Figura 6.3. Perforaciones en el separador

### **Separador por gravedad**

Algunas impurezas tienen las características de longitud y ancho muy similares a las de la avena y, por lo tanto, no pueden ser separadas. Por ejemplo los granos de avena ahuecados por insectos, y palos de las mismas dimensiones de algunos granos de avena. Muchas de estas impurezas son, sin embargo, más ligeras o más pesadas que la avena y por tanto tienen una gravedad específica diferente.

La gravedad específica de una partícula es la relación de su densidad a una sustancia estándar, el estándar usualmente es el agua. Las partículas con gravedad específica menor flotarán, y aquellas con gravedad específica mayor se hundirán. Todos los separadores por gravedad utilizan el aire como estándar en lugar de agua; ya que el aire es más ligero que el agua, la diferencia relativa entre los pesos de las partículas se incrementa. Por esta razón, el separador por gravedad es un equipo muy sensible, cuando es operado correctamente, puede producir una separación muy precisa.

El aire es usado como un estándar de manera directa en el proceso de estratificación (Figura 6.4)

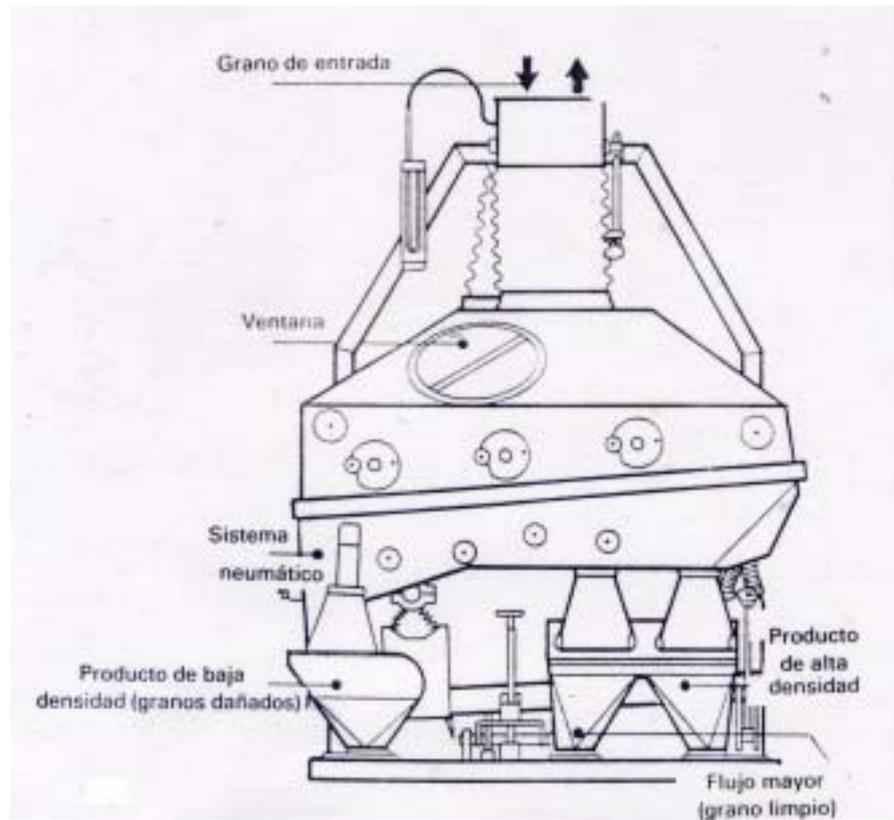


Figura 6.4 Proceso de estratificación

La estratificación ocurre al forzar el aire a través de la mezcla de partículas, de manera que las partículas se eleven o caigan de acuerdo a la relación de su peso con el del aire. La regulación del flujo del aire es crítica, o todas las partículas estarán flotando por el exceso de aire.

En la avena existe una mezcla de impurezas pesadas y ligeras que caen del alimentador hacia la cubierta. El área que se encuentra inmediatamente alrededor del alimentador es denominada área de estratificación, donde la vibración de la cubierta y la acción de levantamiento del aire se combinan para estratificar el material en capas, con las capas más pesadas, tales como piedras, sobre el fondo, y las capas más ligeras tales como semillas o granos de avena huecos, en la superficie. La separación no puede ocurrir si no hasta que el material se encuentra

estratificado. El tamaño del área de estratificación depende de la dificultad de la separación y de la capacidad a la que el equipo esté trabajando. Una vez que el material se encuentra estratificado, comienza la vibración de la cubierta, empujando las capas más pesadas hacia el lado alto. Al mismo tiempo, las capas más ligeras que no están en contacto con la malla, flotan descendiendo hacia el lado bajo de la ligera pendiente de la cubierta.

Mientras que el material está descendiendo hacia la terminal de descarga de la cubierta, la acción vibratoria gradualmente convierte las capas de la estratificación vertical en una separación horizontal. En el momento en que el material llega a la zona de descarga, se completa la separación. Los materiales pesados se concentran en el área elevada de la cubierta. Los materiales ligeros se localizan en el lado bajo, y los materiales intermedio, tales como la avena, se concentran en medio.

También se acostumbra utilizar separaciones magnéticas en la limpieza y clasificación para eliminar partículas de metal. Estas protecciones magnéticas se colocan a la entrada y salida de los equipos. (Webster, 1986).

## **6.2 SECADO**

En la actualidad, las técnicas de cosecha anticipadas, en casi la mayoría de los granos, hacen que los mismos se separen de la planta madre en condiciones de alto porcentaje de humedad.

Si bien el grano se ha desarrollado, el agua que contiene no permite una conservación por largo tiempo. Esta es la razón primordial que justifica la eliminación del excedente de agua para encarar una larga permanencia en los lugares de almacenamiento.

Una máquina secadora de granos tiene que satisfacer dos puntos de gran importancia:

1. Calidad de secado
2. Economía

La calidad de secado será mejor a medida que se aproxime al natural, es decir: humedad uniforme en la masa de granos y mínima fisuración y descascarado.

Antes de efectuar el secado es sumamente importante que se realice una limpieza del grano. Las razones son:

- Las materias extrañas suelen tener mayor humedad que el mismo grano con lo cual se estaría desperdiciando “energía de secado”.
- Disminuye el grado de contaminación.
- Todo elemento diferente al grano dificulta el normal descenso del mismo dentro de las columnas. Esto ocasiona zonas de interrupción en el movimiento del grano el cual se sobreseca alcanzando temperaturas elevadas con el consecuente peligro de incendio.

Importancia del secado de los granos.

- 1.- Permite mayor tiempo de almacenamiento del grano sin deterioro.
- 2.- Mantiene la viabilidad de las semillas.
- 3.- Conserva la calidad intrínseca del grano.
- 4.- Evita el crecimiento de microorganismos.
- 5.- Retarda el desarrollo de insectos.

Existen tres métodos de secado.

- 1.- Secado con aire natural. Usando aire sin calentar a la temperatura y HR del medio ambiente.
- 2.-Secado con calor suplementario. Agregando pequeñas cantidades de calor al aire de secado para reducir la HR. El aumento de temperatura del aire es de 5 a 10° C.
- 3.- Secado con aire caliente. Cuando el aire de secado se calienta considerablemente hasta 50° C o más.

Los secadores utilizados son de elevador, de gran capacidad y alta temperatura. Se clasifican en tres categorías: flujo cruzado, flujo paralelo y flujo mixto. Los modelos de flujo cruzado proporcionan un secado poco uniforme, ocasionando una considerable cantidad de granos fracturados. Los secadores de flujo mixto secan el grano más uniformemente y; generalmente el grano es de mayor calidad que el secado mediante el sistema de flujo cruzado. Los secadores de flujo paralelo cuentan con enfriadores a contraflujo y producen un grano de mayor calidad, las desventajas son el alto costo y la complejidad de la tecnología.

La aplicación de las tecnologías de secado existentes tienen la posibilidad de disminuir el consumo de energía y el deterioro del grano hasta en un 50%. Diferentes nuevas tecnologías (tales como secado de flujo cruzado con un diferencial de velocidades, secado multietapa de flujo paralelo, secado multietapa de flujo mixto, secado en lecho fluidizado, y secado en cascada rotatoria), tienen el potencial para disminuir estas cantidades hasta otro 50%. Otras técnicas de secado están en proceso de investigación. (Brooker, 1992)

## 7. ALMACENAMIENTO

Como es imposible el consumo inmediato de la producción total de las cosechas de granos alimenticios, el hombre tiene que almacenarlos para consumirlos de acuerdo con sus necesidades nutricionales.

Es común que las áreas de mayor producción de granos se encuentren alejadas de los centros de consumo, lo cual implica el transporte y almacenamiento de esos productos en lugares estratégicos para su distribución oportuna cuando sean requeridos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, estima que a escala mundial se pierde el 5% de las cosechas de granos, dichas pérdidas son mayores en relación directa con el desarrollo tecnológico del país o de la región. En nuestro país se estima que éstas fluctúan entre el 5 y 25% de acuerdo a la zona del país ya que las condiciones ecológicas y la carencia de tecnologías adecuadas propician la presencia de insectos, hongos y roedores que dañan el grano, causando mermas significativas.

Los almacenes son sitios donde los granos se guardan para su preservación y ofrecen protección contra la lluvia, el sol y el viento.

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 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 tienen 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.

A nivel del pequeño y mediano productor 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.

En los almacenes se requieren vías de acceso y espacios aparentemente desaprovechados para pasillos más estrechos, espacios sobre la cabeza en torno a las pilas, esto es esencial para la ventilación, acceso, higiene y fumigación. Los almacenes cuentan con aislantes los cuales son materiales que pueden colocarse entre el suelo del almacén y el producto ensacado para impedir que la humedad pase del suelo al producto y evitar en consecuencia el enmohecimiento y la descomposición.

Lo más importante es mejorar el sistema de poscosecha, porque es en esta etapa donde se manifiesta la calidad del grano y si éste se degrada de manera rápida ya no se recupera ni con un buen almacenamiento.

Para evitar que el grano se dañe y se pierda es necesario:

a) Guardar el grano que esté sano, limpio y seco; entendiéndose por:

- Sano: Que dentro de lo posible esté libre de daños por insectos, hongos, roedores o por otras causas.
- Limpio: Que esté libre de basura, pedazos de hojas, tallos y otras partes de la planta, así como de tierra y piedras.
- Seco: Que tenga un contenido de humedad que no permita el desarrollo de hongos durante su almacenamiento.

b) Contar con locales apropiados para guardar el grano, cuya construcción debe ser apropiada:

- Al tipo de grano que se quiere guardar.
- A las condiciones climáticas de la región en donde se va a realizar el almacenamiento.
- A la cantidad de grano que se desea almacenar.

c) Realizar una cuidadosa planificación de todo el proceso de almacenamiento, antes de almacenar el grano.

## **7.1 TIPOS DE ALMACENES**

### **7.1.1 Almacén al aire libre**

Es el sistema más sencillo debido a que el producto es acumulado en un piso y está expuesto a la intemperie y a agentes bióticos externos. El grano recién cosechado es descargado y posteriormente transportado por un gusano helicoidal. De este modo, el almacén toma forma de loma, ideal para minimizar daños ocasionados por precipitaciones pluviales. Los sistemas de almacén al aire libre pueden ser sustancialmente mejorados cuando se crea un muro de contención con costales de grano estibado sobre parrillas o cuando se equipan con ductos de ventilación para controlar la humedad del grano y efectuar la fumigación por gravedad. La protección de la superficie del granel con polivinilo u otros plásticos se practica especialmente durante épocas de lluvia.

### **7.1.2 Almacenes mecanizados**

Los elevadores son las bodegas más populares y se utilizan generalmente para el almacenamiento a granel. Se construyen con muros o estructuras destinadas a soportar los volúmenes del grano con sistemas de carga y descarga fijos mecanizados. El grano se conduce al interior de la bodega con elevadores de serpentín, helicoidales o bandas con cangilones. El grano se coloca sobre las

válvulas fijas de descarga que se encuentran localizadas en la parte media de la bodega. La descarga se realiza por medio de caños de gravedad fijos formados por las caras angulares del piso que desembocan en una banda sin fin que transporta al grano hacia la tolva de descarga. Dentro de este tipo de diseño se encuentran las bodegas metálicas tipo Butler con capacidad de 14 000 a 30 000 ton., la bodega tipo Hangar de mampostería de 15 000 ton. de capacidad, la bodega tipo Pantaco para grano encostalado de 5000 ton. de capacidad y la bodega tipo ANDASA modificada de 5 000- 10 000 ton. de capacidad.

### **7.1.3 Silos**

Los silos son depósitos profundos en forma circular, hexagonal o rectangular con diámetros de dos a diez metros. Generalmente se construyen de metal, de cemento y/o de asbesto. Estos depósitos tienen capacidad para almacenar 50-10000 ton. de grano. La parte inferior de estos depósitos forma una tolva provista con válvulas de descarga.

#### **7.1.3.1 Silo metálico (Figura 7.1)**

##### Descripción

Silo metálico más o menos hermético construido con hojas de láminas de fierro galvanizado, con una entrada en la parte superior, obturada con una tapadera, para llenar el silo y con una salida en la parte inferior, también obturada con una tapadera, para vaciar el silo.



Figura 7.1 Silo metálico

## Usos

Está diseñado para almacenar maíz desgranado, pero puede utilizarse para otros granos de cereales como el arroz, avena, trigo, sorgo o leguminosas como el frijol, garbanzo, lentejas, soya. Para su uso es requisito indispensable que el grano se encuentre seco. Cuando el grano está húmedo, los hongos rápidamente lo deterioran, destruyendo tanto el grano como el silo. Para evitar grandes fluctuaciones de temperatura dentro del silo, se recomienda protegerlo con un techado rústico o instalarlo dentro de un local con muros y techo, y para evitar la corrosión de la base, colocarlo sobre una plataforma de piedra, madera o cemento.

## Dimensiones.

El tamaño depende de la cantidad de grano que se quiere almacenar. Se recomienda el silo de 1.4 m<sup>3</sup> de capacidad fabricado por la unión de 3 hojas de lámina de fierro galvanizado de 2 X 1 m. Si se quiere mayor capacidad, se pueden unir 4 hojas de lámina con lo que se obtendrá un cupo de 2.4 m<sup>3</sup>. La unión de 5 hojas de lámina producirá un silo con capacidad para 3.9 m<sup>3</sup>. No se recomienda que el silo sea mayor, debido a que es más difícil de construir y manejar y pierde resistencia. Si se requiere de mayor capacidad de almacenamiento, es preferible construir dos o más silos.

### **7.1.3.2 Silo de cemento y malla de alambre.**

#### Descripción.

Silo pequeño de 1 a 22 toneladas de capacidad, construido con malla de alambre de gallinero y cemento, de forma cilíndrica, terminando en un cono en la parte superior, provisto de una tapadera también de forma cónica y un conducto tubular en la parte inferior para permitir la salida del grano, el cual es obturado con un tapón de madera recubierto de hule o caucho. El silo es construido sobre una plataforma de piedra para su mayor protección y el piso tiene un ligero declive hacia la salida del grano. Su diseño fue inspirado de un silo tradicional de Nigeria, llamado "Rumbu", utilizando para almacenar granos.

#### Usos.

El silo fue diseñado para almacenar maíz desgranado "seco", pero se piensa que no existen inconvenientes para almacenar otros granos de cereales, leguminosas, oleaginosas, siempre y cuando se cumpla con el requisito indispensable de que estén lo suficientemente secos para evitar su deterioro por el desarrollo de hongos u otros microorganismos característicos de granos almacenados.

#### Dimensiones.

El tamaño depende de la cantidad de grano que se quiera almacenar; las capacidades por metro cúbico para los diferentes granos almacenados en el silo metálico, son válidas también para este silo. Los diámetros recomendables para este silo son de 1 y 3 metros y la altura máxima del cilindro del silo para esos diámetros es de 1.5, 3.0 y 4.5 metros respectivamente. Las capas de malla de alambre y el espesor de las paredes del silo, varían según el tamaño; para el silo

de un metro de diámetro, se utiliza una sola capa de malla de alambre y un espesor de las paredes de 3.5 cm para el de 2 m de diámetro, dos capas de malla de alambre y 5 cm de espesor y para el de 3 m de diámetro, 3 capas de malla de alambre y 6 cm de espesor de las paredes. La capacidad de un silo de un metro de diámetro y 1.5 de altura del cilindro, es de aproximadamente 1.2 m<sup>3</sup> equivalente a unos 900 kg de maíz a granel; el de 2 m de diámetro y 3 m de altura, 9.4 m<sup>3</sup> equivalente a unas 6.6 ton de maíz y el de 3 m de diámetro y 4.5 de altura, tendrá una capacidad aproximada de 32.0 m<sup>3</sup> para almacenar unas 22.4 ton de maíz. Estos datos son conservadores, ya que la capacidad real se ve un poco aumentada por el volumen de la parte cónica superior del silo.

## **7.2 AIREACIÓN**

La mayoría de los almacenes cuenta con equipo de aireación. La aireación tiene como objetivo preservar la calidad del grano mediante el mantenimiento de una temperatura uniforme a través de todo el grano y sobre todo para prevenir la migración de humedad que causa focos de calentamiento. Los sistemas de aireación consisten en ductos subterráneos en forma de X, Y o lineal paralelo alimentados con ventiladores localizados en el exterior del almacén. El aire que fluye aproximadamente a 1 m<sup>3</sup> por tonelada de grano sale a través del piso perforado y rompe la microatmósfera que rodea al grano y evita la condensación de humedad y la generación de focos calientes. Para hacer más eficiente el proceso, el grano sujeto a aireación y ventilación es rotado o movido. Muchos almacenes cuentan con gusanos helicoidales que mueven el grano dentro del mismo almacén. El objetivo primordial del movimiento del grano es evitar focos de calentamiento y uniformizar el cereal almacenado.

## **7.3 FUMIGACIÓN**

Un fumigante es una sustancia química que, a temperatura y presión ambientales existe en estado gaseoso en concentración suficiente como para

resultar letal para los insectos. Es decir un fumigante actúa como gas, difundiéndose en forma de moléculas aisladas y penetrando en el material que se fumiga con gran facilidad

La fumigación se lleva a cabo en silos, bodegas, almacenes y furgones, así como también en recipientes y estibas, lo anterior con el objeto de prevenir el daño causado por los insectos.

A continuación se señalan otros métodos que también son efectivos para prevenir y controlar infestaciones.

- Limpieza.
- Temperaturas bajas.
- Control de humedades-secado de cereales.
- Gases atmosféricos-dióxido de carbono, nitrógeno.
- Reguladores del crecimiento de insectos.
- Envases resistentes a insectos.
- Variedades resistentes.

Los beneficios derivados de esas prácticas permitirán reducir los costos de almacenaje, mejorar la calidad del alimento y disminuir los residuos de los mismos.

El procedimiento principal disponible para controlar la infestación por insectos es la fumigación. Las moléculas del fumigante se mueven a través del espacio fumigado, penetrando en las mercancías y son captadas por los insectos causando su intoxicación.

El objetivo de la fumigación de granos es el de introducir una cantidad de gas dentro de todas las partes de una masa de producto y mantener una concentración letal durante el tiempo necesario para matar todas las etapas de desarrollo de los insectos presentes.

Un buen fumigante deberá reunir además de volatilidad y toxicidad otras características como el no ser residual, es decir que no deje restos nocivos que envenenen o manchen el producto, no deberán ser flamables, no deberán formar mezclas explosivas con el aire, deberán tener una buena penetrabilidad, no deberán reaccionar con los productos y no deberán ser corrosivos, entre otras.

Fumigantes más usados en México.

- Bromuro de metilo.
- Fosfina.

### **7.3.1 Factores que influyen la fumigación**

- La temperatura. A temperaturas bajas la actividad respiratorias de los insectos se reduce y también la actividad del fumigante y es necesario incrementar la concentración para poder mantener el nivel tóxico del gas.
- La humedad del grano. Al incrementarse el contenido de humedad de los granos, la concentración de fumigante aumenta debido a que disminuye su penetrabilidad.
- Tiempo de almacenaje. Almacenajes largos requieren mayores cantidades de fumigante debido a la impermeabilidad que ocasionan tanto la compactación, como el incremento del contenido de impurezas y de grano fragmentado.

### **7.3.2 Materiales de construcción del local fumigado**

- Metal. En silos o bodegas metálicas que no presentan fugas, la cantidad requerida de fumigante es menos ya que esas estructuras pueden constituir una cámara hermética durante el proceso de fumigación.

- Concreto. Generalmente las superficies de concreto en silos y bodegas son ligeramente porosa, requiriéndose una mayor cantidad de gas para mantener una concentración letal.
- Madera. Normalmente es porosa y con grietas que permiten fuga de gas, además presenta hendiduras que sirven de refugio a los insectos dificultándose la actividad del fumigante.

La construcción del almacén influye la retención del fumigante, por lo tanto los almacenes metálicos o de concreto son los más apropiados para la fumigación que las estructuras de madera.

El tamaño y forma del almacén afecta a la distribución y retención de los fumigantes. Los almacenes planos horizontales en donde la superficie del grano es mucho mayor que la profundidad de la masa de éste, son particularmente difíciles de fumigar debido a la elevada velocidad de pérdida del gas en la superficie.

Los sistemas de almacenamiento existentes son de dos tipos:

- I) en Atmósfera normal, los tradicionales
- II) en Atmósfera modificada (almacenamiento hermético).

El almacenamiento hermético es diferente al tradicional, como el de las bodegas y trojes, ya que mientras en estas existe una atmósfera similar a la que respiramos, el almacenamiento hermético propicia un ambiente que se irá modificando, porque el recipiente en donde se guardan los granos es cerrado y con la respiración de los organismos que están adentro irán cambiando las condiciones locales, como los contenidos de gases en el aire, en particular del oxígeno y del bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El agotamiento del oxígeno es tan rápido que los insectos y hongos presentes, que son los que consumen el oxígeno, no alcanzan a dañar el grano.

Una ventaja del almacenamiento hermético es que no requiere plaguicidas, por lo que se elimina un gasto importante y se evita la contaminación.

## **7.4 FACTORES DE DETERIORO DE LA AVENA ALMACENADA**

### **7.4.1 Respiración**

Es la manifestación de la actividad metabólica de los granos. El mecanismo de la respiración se puede representar como la degradación del almidón, el cual al combinarse con el oxígeno produce anhídrido carbónico, vapor de agua y desprende calor.

Almidón (grano) + oxígeno (aire)  $\longrightarrow$  Anhídrido carbónico + agua + calor.

Cuando más elevados sean el calor y el contenido de humedad más intensa será la respiración del grano.

### **7.4.2 Factores físicos**

#### **a.- Temperatura**

La temperatura afecta en gran medida al almacenamiento de los granos porque aumenta su intensidad de respiración y como consecuencia los procesos degradatorios del producto almacenado. La temperatura también influye sobre el desarrollo de microorganismos y de insectos. Su crecimiento óptimo se puede observar entre 25° y 35°C, por lo que la temperatura debe ser controlada para preservar la capacidad germinativa, la cual se destruye por encima de 35° 40° C. La temperatura recomendada para el almacenamiento de avena es de 17-25° C.

#### **b.- Humedad.**

La humedad es el factor principal en el deterioro del grano. Aumenta la intensidad de respiración y acelera los procesos de deterioro interno. (FAO 1990)

En el caso de la avena cuando se trata de un almacenamiento menor a un año la humedad no debe de exceder el 15% y de 13% para almacenamiento a largo plazo. (Kent,1987)

El daño puede incluso ocurrir en granos que inicialmente son almacenados con un adecuado contenido de humedad. Esto es porque el grano es higroscópico y tenderá a equilibrarse con la humedad relativa del ambiente. Las fluctuaciones en temperatura dentro del almacén propician que se condense la humedad del aire en la superficie del grano, ocasionando que paulatinamente se incremente su contenido de humedad. Los granos almacenados en regiones con alta humedad relativa y constantes variaciones de temperatura, (por ejemplo en regiones tropicales) son los más propensos a ganar humedad durante el almacenamiento. Una alta humedad ambiental también promueve la germinación de esporas de hongos en el almacén, por lo que es recomendable preservar el grano en humedades relativas de 65% o menos para lograr una vida prolongada. Una humedad relativa de 75% o más favorecerá una ganancia de humedad y la activación y desarrollo de importantes hongos en el almacén.

La mayoría de los cereales se equilibra con el ambiente a una humedad de aproximadamente 14.5% por lo tanto ésta es la humedad del grano que se considera crítica.

c. Efecto combinado de la temperatura y el contenido de humedad.

Cuanto más alta sea la temperatura, la humedad del grano deberá ser más baja para asegurar un almacenamiento sin deterioros. Esta es la razón por la que los contenidos de humedad máximos recomendados para avenas almacenadas en climas cálidos son siempre más bajos que aquellos aceptados en zonas templadas y frías.

d. Composición gaseosa del ambiente.

Si se crea una atmósfera pobre en oxígeno alrededor de los granos los insectos no pueden sobrevivir y los mohos detienen su desarrollo, por otro lado, la ausencia de oxígeno bloquea la respiración del grano y con ella su degradación interna. Este principio es el que se aplica en los métodos de almacenamiento llamados de atmósferas controladas, en el que el aire que existe entre los granos se sustituye por un gas inerte tales como nitrógeno, anhídrido carbónico o una mezcla de gases inertes. Para la aplicación de gases es necesario que la estructura del almacén sea hermética y se aplican solo en almacenamientos a granel.

### 7.4.3 Agentes biológicos

a. Microorganismos

Los granos y las semillas pueden ser invadidos por hongos cuyo hábitat natural no es el campo sino el almacén, la bodega o el silo, siendo principalmente especies de *Aspergillus* y *Penicillium*, las cuales causan diversos daños a los granos y semillas almacenadas, siendo los más sobresalientes la reducción del poder germinativo de las semillas, el ennegrecimiento de los granos y la producción de micotoxinas.

Los hongos de almacén requieren humedades relativas de 65 a 90%, condiciones de humedad frecuentes en el almacenamiento de granos.

Especialmente los mohos, están siempre presentes sobre la superficie del grano en forma de esporas. En cuanto las condiciones de temperatura y humedad sea favorables se desarrollarán. El límite inferior de humedad para que se produzca su desarrollo corresponde a un aire con una humedad relativa del 90%

para bacterias, del 85% para levaduras y del 60 al 70% para mohos. El intervalo de temperatura en el que se pueden desarrollar es muy amplio desde  $-8^{\circ}\text{C}$  hasta  $+80^{\circ}\text{C}$ , aunque el crecimiento óptimo se presenta entre  $20^{\circ}\text{C}$  y  $40^{\circ}\text{C}$ .

Los mohos causan deterioro de la apariencia, el olor y el sabor de los granos sobre los que se han desarrollado, haciéndolos con ello inaceptables para el consumo humano y animal.

Investigaciones han mostrado que sí es posible el combate de las especies de *Aspergillus* y *Penicillium*, que invaden a las semillas en el almacén con el uso de ciertos fungicidas, entre ellos el Captan. El tratamiento con fungicidas protege la germinación y el vigor de las semillas, otro papel importante de los fungicidas, es el de proteger a las semillas que presentan daños mecánicos, ya que estas semillas son más fácilmente atacadas por los patógenos del suelo. (Carrillo,1996 ).

**Tabla 7.1 Contenido de humedad de la avena en equilibrio con humedades relativas de 65-90% y hongos que comúnmente se les encuentra creciendo bajo esas condiciones de humedad**

Humedad Relativa (%)	Contenido de humedad	Hongos
65-70	13.0 - 14.0	<i>Aspergillus halophilicus</i>
70-75	14.0 - 15.0	<i>A. restrictus.</i> <i>A. glaucus</i>
75-80	14.5 - 16.0	<i>A. candidus</i> <i>A. ochraceus</i> más los de arriba.
80-85	16.0 - 18.0	<i>A. flavus,</i> <i>Penicillium</i> más los de arriba.
85-90	18.0 - 20.0	<i>Penicillium</i> más los de arriba.

Fuente. Moreno, 1988

*Aspergillus candidus*. La presencia de este hongo es indicativa de que el lote de grano está sufriendo deterioro severo. No se le considera hongo toxígeno. Reduce el poder germinativo de las semillas y es uno de los hongos involucrados en el calentamiento de los granos. Colonias de color blanco, tanto jóvenes como viejas.

*Aspergillus flavus*. Su desarrollo contribuye al calentamiento de los granos. Algunas especies producen aflatoxinas, metabolitos altamente tóxicos, cancerígenos y teratógenos siendo la aflatoxina B<sub>1</sub> la más activa. El color de las colonias es de un verde amarillento.

*Aspergillus glaucus*. Estos hongos imparten colores y olores desagradables a los granos y afectan la germinación de las semillas. Las colonias son de color verde-azul.

*Aspergillus ochraceus*. El color característico de estos hongos es ocre, y el desarrollo de estos hongos contribuyen al calentamiento de los granos.

*Aspergillus restrictus*. No son productores de toxinas. Afectan la germinación de las semillas. Las colonias de estos hongos son pequeñas y de color verde oscuro.

*Penicillium* spp. Estos hongos pueden crecer a temperaturas muy bajas. Las especies de este género reduce el poder germinativo de las semillas almacenadas. Las colonias son de color verde o azul. (Moreno, 1988).

#### b. Insectos

El prevenir la infestación mediante una adecuada selección y muestreo del grano por almacenar es la forma más eficaz y económica para impedir su deterioro. Las bodegas deben limpiarse y fumigarse antes de que el grano entre en el almacén, y se debe tener cuidado especial con aquellas bodegas con pisos perforados ya que los residuos del grano previo se acumulan en el piso

subterráneo. Es recomendable, incluso, aplicar insecticidas en todas las áreas externas del almacén para prevenir la entrada de insectos. Además, todo el equipo empleado para manejar los cereales debe limpiarse y asperjarse previamente con insecticidas protectores como metoxicloro(1:10 agua), piretrina al 6% combinada con butóxido de piperonil al 60% (0.8:10 agua) o malatión al 57% (0.5:10 agua).

La mayoría de los insectos se desarrollan entre 15° y 20° C, encontrándose su óptimo alrededor de 25° a 30°C. Un contenido de humedad bajo reduce su multiplicación, mientras que un contenido de humedad alto activa a los microorganismos.

Los insectos se comen el endospermo y a veces el embrión. La depreciación de los granos infestados se debe también a la heces y secreciones de los insectos. Igualmente su actividad biológica produce residuos (polvo de harina), vapor de agua y calor, los cuales crean condiciones favorables para el desarrollo de mohos.

Hay tres métodos químicos comunes para controlar insectos en los sacos apilados en un almacén.

- 1.- Mezcla de polvos insecticidas con el producto antes de colocarlo en los sacos.
- 2.- Rociado de los distintos estratos de sacos con insecticidas líquidos a medida que se va formando la pila.
- 3.- Colocación de un fumigante entre los sacos, cubriéndolos con una tela impermeable.

#### c. Roedores

Dentro del almacén de conservación pueden originar cuantiosas pérdidas directas ya que consumen el producto almacenado, y también pérdidas cualitativas

ya que contaminan el producto almacenado con orina y heces. Finalmente, pueden dañar las estructuras del almacén y deteriorar los embalajes.

Los roedores más importantes para la devastación de los productos almacenados son los siguientes:

La rata negra o de los techos (*Rattus rattus*); la rata parda, gris o noruega (*Rattus norvegicus*) y el ratón (*Mus musculus*).

Desde el punto de vista económico el control es esencial tanto por las pérdidas que pueden originar en el campo y en los almacenes como también por los problemas sanitarios que representan, ya que pueden actuar como vectores de enfermedades.

La manera más eficaz y económica para su control es mediante un buen diseño y sanidad de las bodegas de almacenamiento, las cuales deben ser edificadas para evitar la entrada, establecimientos y multiplicación roedores. Los principios generales de construcción de instalaciones a prueba de roedores incluyen primeramente el uso de material resistente, a los potentes incisivos de estos animales (por ejemplo metal o concreto), todas las puertas, ventanas y lugares de acceso a las bodegas deben estar debidamente protegidas con mallas metálicas. También se debe evitar la construcción de paredes dobles y espacios muertos entre escaleras, techos y pisos. Los ductos de ventilación, sótanos, lugares de acceso para plomería y sistemas eléctricos deben ser protegidos adecuadamente con mallas metálicas o sellados con cemento o metal, debido a que son sitios de entrada y de posible establecimiento de madrigueras.

Existen básicamente tres métodos para combatir a los roedores: a) uso de trampas; b) uso de rodenticidas y c) fumigación.

La fumigación es el modo más eficiente para el control de roedores, pero es muy peligroso y requiere instalaciones que puedan sellarse herméticamente. Los

fumigantes más comunes son el hidrógeno de cianuro, cianuro de calcio, bromuro de metilo y gas fosfina en preparaciones con sales de aluminio o magnesio. Los dos últimos fumigantes se utilizan principalmente en el control de insectos.

#### **7.4.4 Causas técnicas.**

##### **a. Duración del almacenamiento.**

Cuanto más largo sea el período de almacenamiento más altas serán las pérdidas de materia seca debidas a la respiración del grano. El riesgo de ataque de plagas también aumenta.

##### **b. Condiciones del grano.**

Para realizar un almacenamiento seguro el grano debe estar limpio. Las materias extrañas (polvo, harina, paja) y los granos rotos están expuestos de forma particular al ataque de mohos y de insectos y constituyen puntos idóneos para la infestación del grano almacenado.

##### **c. Estado de las estructuras de almacenamiento y de los embalajes.**

Si el diseño de las estructuras del almacén no es bueno y su mantenimiento es defectuoso se facilitara la entrada de agua, insectos y roedores; igualmente el embalaje deteriorado (sacos desgarrados) estimula el ataque al grano almacenado por parte de los distintos agentes biológicos. (FAO, 1990)

## 8. USOS.

Debido a su contenido alimenticio, aproximadamente el 85% del cultivo total de avena es utilizado como alimento para ganado. En asociación con pastos de invierno, permite adelantar el pastoreo durante el invierno. En algunas entidades se utiliza como el principal alimento para caballos de carreras y para equinos ecuestres, debido a sus propiedades de producir energía.

Alrededor del 8 al 9% se emplea para elaborar harinas de avena, cereales y como pasta. El restante 6 al 7% se emplea como semilla para siembra directa y para el procesamiento de semilla mejorada y certificada. La avena grano es única en sus usos y atributos en comparación con la mayoría de los otros cereales de grano. Primero, es utilizada con el grano completo; en contraste, el germen y grandes porciones del salvado son removidas de otros granos antes de ser introducidos a procesos de elaboración. Segundo, la avena es procesada a altas temperaturas para inhibir las enzimas que catalizan los aceites en el grano para preservar el producto contra el enranciamiento. Este tratamiento calorífico también reduce la solubilidad de la proteína, por lo que ésta se aprovecha casi al 100%.

En la industria alimenticia la avena se utiliza primordialmente en cereales y como salvado por su doble contenido de fibra en comparación con la harina común. En productos para hornear se usa por sus propiedades de retención de humedad que mantienen más fresco y durante mayor tiempo el producto, mejorando la consistencia del mismo. Los alimentos para niños contienen altas porciones de avena. En México fue desarrollada una fórmula de soya y avena para combatir la malnutrición de infantes en casos de resistencia a la lactosa. Otra industria en donde es ampliamente empleada, es la de los cosméticos, en mascarillas faciales y como aceite de baño sustituto del jabón con el fin de obtener alivio a la irritación. También se le han descubierto propiedades limpiadoras debido a su capacidad de absorber secreciones y suciedad de la piel. Por esas mismas propiedades también es utilizada en productos farmacéuticos.

Aún cuando no se le ha dado todavía un uso industrial, según estudios realizados en la década de los 60`s demostraron que su contenido de ácido caseico y felúrico favorecen una acción antioxidante que se ha probado en leche, mantequilla, helado, pescado, tocino, cereales y otros productos que son sensibles a la oxidación de las grasas durante su almacenamiento. Estos ácidos están altamente relacionados con los antioxidantes comerciales. Pruebas de laboratorio han demostrado que en muestras de peso similar, los antioxidantes naturales del aceite de avena tienen la misma efectividad que los productos sintéticos comúnmente utilizados. Sin embargo el costo de éstos se ha impuesto sobre los beneficios en la salud.

En estudios recientes se ha encontrado la presencia de sustancias fenólicas y avenantramidas en avena, estas sustancias actúan como antioxidantes ayudando a la prevención de algunas enfermedades cardiacas y ejercen protección contra algunas formas de cáncer debido a que evitan la oxidación de lipoproteínas de baja densidad. (Dokuyucu, 2003).

El salvado es utilizada industrialmente para la producción de un líquido aldehído conocido como furfural, que es incoloro, de aroma dulce y aceitoso usado en varios solventes, incluyendo barniz, thinner y removedor de pintura. Es un ingrediente preliminar en la manufactura de ciertas fibras sintéticas, gomas, tintes, cintas magnéticas, cubiertas de pelotas de golf y otros productos. En la industria de los cosméticos, se emplea en jabones, cremas limpiadoras y humectantes, así como en algunos medicamentos (SAGARPA,1994).

## **8.1 MEDICINA**

**Corazón:** El salvado, que procede de la cáscara del grano se usa como antitrombótico y para reducir el nivel de colesterol en la sangre, desintoxica la sangre, previene los infartos y la arteriosclerosis.

**Adelgazante:** Gracias a su poder de aumentar la producción de orina, la presencia de fibra, y su equilibrado aporte de nutrientes.

**Digestiva:** Combate la pirosis, gastritis, úlcera, estreñimiento, diarreas, dolores de estómago, disfunciones hepáticas y biliares. Los betaglucanos, presentes en la avena, forman una película fina que protege la pared intestinal.

**Huesos y dentadura:** En los niños favorece la salida de los dientes, en los grandes previene la formación de caries dental, gracias a los filinatos, presentes en la envoltura del grano de avena. Actúa remineralizando los huesos.

**Diabetes:** Constituyen un fármaco secundario para el tratamiento de diabetes.

**Embarazo y lactancia:** Para la buena evolución del feto y para estimular la formación de la leche materna.

**Niños:** Para favorecer su desarrollo físico e intelectual, elimina la astenia y la apatía en el colegio.

**Nervios:** La vitamina B1 es imprescindible para el buen funcionamiento del sistema nervioso, su carencia conduce al nerviosismo, falta de concentración, agotamiento, jaquecas, esquizofrenias, depresión y neurosis.

**Hipotiroidismo:** Estimula la glándula tiroides en las personas en las que esta glándula funciona con deficiencia.

**Aplicaciones terapéuticas:** Las semillas y las hojas se emplean contra las neuralgias, los eczemas y la diarrea. Los jabones a base de avena son ideales para la piel delicada de bebés y personas con problemas alérgicos en la piel. Por su contenido en vitaminas del grupo B, puede ser de ayuda en tratamientos para

problemas del tejido nervioso (por ejemplo, lesiones o inflamaciones del nervio ciático).

## **8.2 ALIMENTO PARA GANADO**

Cuando la avena se muele para el consumo humano, el pienso se obtiene como subproducto de la molienda de la avena y contiene muchas cáscaras y fragmentos del endospermo.

Las cáscaras tienen limitado valor en la alimentación del ganado, y prácticamente ninguno para los bovinos. Los piensos de subproductos de la molienda de avena son también un forraje de escaso contenido de proteínas que puede reemplazar hasta cierto punto al heno en la ración. Las cáscaras de avena molidas en grueso y el pienso del subproducto de la molienda de la avena se dice que impiden el desarrollo de úlceras gástricas en el cerdo. La avena en grano no debe suministrarse antes de 3-4 meses después de cosechada, ya que necesita este tiempo para secarse debidamente. La avena puede utilizarse para toda clase de animales de granja. Para los cerdos y aves de corral, la avena molida tiene un valor alimenticio considerablemente mayor que el de la avena entera. La avena descascarada es más apetecible, pero, tratándose de bovinos y de cerdos viejos, no suele resultar económico descascarar el grano antes de suministrarlo a los animales. El elevado contenido de fibra limita el empleo de la avena en las raciones de los cerdos y las aves de corral. Para las aves de corral, el contenido de fibra de la avena puede reducirse recortando las aristas y ápices puntiagudos. Con este tratamiento disminuye el contenido de fibra. Es ventajoso mezclar la avena con otros granos.

La riqueza de magnesio de la avena es un factor que impide la perosis en los pollos. Molida fina, y suministrada con leche desnatada constituye una ración satisfactoria durante las 3-4 semanas finales de los pollos de mesa.

La avena debe triturarse antes de suministrarla al ganado. La avena triturada es excelente para los rumiantes; es el cereal común para los piensos de los caballos, pero contiene demasiada fibra para constituir el principal concentrado de las raciones del cerdo.

### **La avena en la alimentación de ganado lechero**

Es un alimento muy estimado para la alimentación de este ganado y los criadores especializados incluyen algo de avena molida en sus mezclas. En los bovinos conviene, además de los animales jóvenes, al ganado reproductor ya que es más rico en proteínas y minerales que el maíz y su volumen no constituye un inconveniente para esta clase de ganado.

### **La avena en la alimentación de ganado de engorda**

A causa de sus cubiertas, la avena tiene menor valor por tonelada que el maíz para la alimentación de ganado de engorda cuando integra una parte importante en la mezcla de alimentos concentrados. Suele incluirse en la mezcla de granos al principio del periodo de alimentación, pero en general se suprime dicha mezcla cuando el ganado está en plena alimentación o por lo menos en la última etapa de dicho periodo de engorda, excepto en el caso de los terneros. El valor de la avena molida puede ser igual al del maíz en la alimentación del ganado de engorda cuando no entre en una tercera parte de la mezcla de granos.

### **La avena en la alimentación de ovinos**

Es muy apreciada por este ganado y se emplea mucho en la alimentación de las crías de poca edad, así como también de los que estén en reproducción, al principio del periodo de alimentación con este fin. Cuando se suministra avena a

los corderos de engorda, se reduce la proporción de ésta a medida que aumenta el engorde.

### **La avena en la alimentación de los equinos**

Es el grano ideal para la alimentación de este tipo de animales. Suele tomarse como base de comparación para estudiar otros alimentos concentrados. A causas del volumen que le dan las cubiertas, la avena es el alimento más adecuado para la alimentación de caballos. Forma en el estómago una masa suelta que se digiere fácilmente mientras que los más pesados, como el trigo, la cebada y el maíz tienden a comprimirse y formar a veces una masa compacta que puede producirles cólicos.

La avena contiene suficientes proteínas para que con ella, el heno y otras gramíneas, pueda formar una ración equilibrada para caballos adultos, sin necesidad de añadir un alimento proveedor de proteínas. Para los caballos en trabajo muy intenso es preferible una mezcla de avena con maíz o cebada en lugar de la avena como grano único.

No debe de darse a los caballos, avena nueva o enmohecida pues puede causarles cólicos.

### **La avena en la alimentación de los cerdos**

Puede emplearse la avena como parte de la alimentación de estos animales, pero es demasiado rica en fibra y muy voluminosa para constituir el principal alimento concentrado de la ración.

La avena parece tener menos valor para los cerdos mantenidos en pastoreo que para los que se mantienen en corrales secos, probablemente porque el pasto en sí mismo es voluminoso.

La avena pesada con menor porcentaje de cáscara, es mucho mejor para los cerdos que la avena ligera ya que puede formar mayor parte de la ración. Como la avena es más rica en proteínas que el maíz se necesita una cantidad un poco menor de alimento complementario proveedores de proteínas cuando se sustituye una parte del maíz con avena.

Cuando se trate de cerdos en crecimiento y en engorda no debe formar la avena más que una tercera parte de la ración, incluso es preferible que no entre en más del 25%. Si se proporciona mayor cantidad, se reduce el ritmo del aumento de peso y el valor de la avena por cada 100 unidades, resultará notablemente menor.

### **La avena en la alimentación de aves**

La avena es conveniente en las raciones de las aves. A las gallinas se les dificulta digerir las cubiertas de la avena por lo que éstas no proporcionan energía alguna. Sin embargo, a causa de estas cubiertas el empleo de la avena en la ración de aves tiende a impedir que éstas se piquen unas a otras y evitar el canibalismo. Además de que las cubiertas de la avena proporcionan un factor que mejora el crecimiento y formación de las plumas en los pollos y contribuye a prevenir la mortalidad. Debe emplearse avena pesada y llena.

Generalmente no se debe de incluir más del 10 al 15 % de avena molida en las raciones destinadas a iniciar la alimentación de los pollos ya que una proporción demasiado grande puede causar trastornos digestivos.

Un 50 % de avena en la ración para pollos de engorda, reduce la rapidez en el aumento de peso.

### **8.2.1 Procesamiento de los forrajes**

En algunos países la avena se utiliza como forraje, especialmente al estar como planta verde.

También existe la posibilidad de ensilar avena, realizando el ensilado 2 ó 3 semanas antes de la madurez completa del grano, al principio del estado pastoso.

#### **Henificación**

Fue el primer proceso ideado por el hombre para conservar parte de los forrajes verdes. Este proceso se ha definido como “el sistema de producir un producto estable de valor nutritivo adecuado, con el mínimo de pérdidas y de costo en trabajo y capital”.

Mediante la Henificación, entre un 70 y 95% de agua presente al momento de la siega se elimina por el sol y por el viento, mientras el forraje yace en hileras esparcidas en el campo. Un pequeño porcentaje de agua puede quedar en el momento de la recogida para que el heno pueda conservarse con seguridad y sin cambios importantes en el valor alimenticio siendo apetecible por el ganado. Se ha reportado que el heno de avena es superior al forraje verde y ensilado, cuando el forraje es segado en estado de espiga.

La avena común (*Avena sativa*), es una de las plantas forrajeras más utilizadas para la Henificación en los Valles Altos con climas templados como sucede en la zona del Ajusco.

La deshidratación se realiza en dos formas: tirada o esparcida y en mogotes (montículos de forraje aislado y de una forma piramidal o cónica y rematada en punta).

En el heno amogotado el calor producido puede originar un aumento rápido de la temperatura, iniciando procesos fermentativos; tales fermentaciones son muy activas cuando el forraje aun está húmedo, los microorganismos del heno metabolizan los carbohidratos principalmente, atacando proteínas y grasas.

Ventajas de la Henificación:

- Fácil de manejar, comercializar y transportar a regiones distantes.
- Costo de preparación menor que el ensilaje.
- Reserva a consumir durante el período de escasez y disponibilidad.
- Menor empleo de mano de obra.

## **Ensilaje**

El ensilado se considera la vía húmeda de conservación de forrajes verdes. Se consigue mantener el valor nutritivo sin disminuir el contenido de agua; así que “el ensilado es una técnica que permite conservar al forraje en un estado físico parecido al que tenía al momento de la recolección, su composición química está modificada por las fermentaciones que sufre”.

Para que se realice el ensilaje de la avena se ha recomendado hacer la siega de la avena cuando el período se encuentra entre la fase lechosa y la fase de maduración blanda. Una vez hecha la recolección, el forraje se transporta al silo y al mismo tiempo que se va llenando debe irse apisonando uniformemente por capas, el llenado total debe hacerse en un tiempo lo más corto posible, ya que los forrajes verdes recién cortados colocados en las pilas o montones producen una gran cantidad de calor. Se debe apisonar para evitar que quede mucho aire entre la cama para que el poco que quede sea consumido en la respiración celular del forraje introducido en el silo. Posteriormente se le puede poner plástico y sobre esta cubierta se llena con una capa de tierra para que se obtenga mayor compactación del ensilado evitando la entrada de aire. Así queda sujeto a un conjunto de transformaciones bioquímicas que modifica bastante sus

características organolépticas y lo hacen capaz de una larga conservación. Estas transformaciones bioquímicas están ligadas a tres procesos biológicos que son: respiración, fenómenos autolíticos y fermentaciones bacterianas, principal factor de las transformaciones.

#### Fases de fermentación del ensilado

##### Primera fase: Respiración del forraje

Cuando el cultivo se ensila, la respiración aerobia continúa un cierto tiempo en las células vivas, por cuya razón se produce agua y bióxido de carbono y gran cantidad de calor. El aumento de la temperatura dependerá de la cantidad de oxígeno disponible. En esta fase aerobia es donde disminuye el contenido de azúcares solubles y reduce la digestibilidad.

##### Segunda fase: Fenómenos autolíticos

Los carbohidratos experimentan los efectos de la respiración anaerobia dando origen a otras sustancias orgánicas como son los ácidos: acético, propiónico, butírico y láctico. Estos son los ácidos volátiles del ensilaje, la acidez alcanza un pH de 3.5 a 4.0.

##### Tercera fase: Fermentaciones por microorganismos

Cuando se agota totalmente el aire, comienza una serie de fermentaciones originadas por microorganismos anaerobios.

El comienzo de la acidificación se debe a las bacterias coliformes, Gram negativas no esporuladas. También se encuentran los hongos. Posteriormente se desencadena la fermentación láctica, las bacterias que la producen son los

lactobacillus a partir de los carbohidratos como la glucosa u otros azúcares fermentables del forraje.

Ventajas del ensilaje:

- Disponibilidad de forraje en la época fría y sequía.
- Permite distribuir el forraje en forma más racional al ganado.
- Ventajas técnicas y económicas como poca mano de obra, menor espacio.

(Aguilar , 1984)

### **8.3 ALIMENTO PARA EL SER HUMANO**

Los productos que justifican que la avena aparezca en la categoría de alimento para humanos incluyen: cereales naturales, galletas, granolas y productos para bebés, pero principalmente se consume como cereal para desayuno. Se ha hecho también pan tostado y hojuelas

La avena se puede consumir germinada, proceso que se lleva a cabo en germinadores de charolas metálicas de varios pisos con una mezcla de agua con sales minerales y vitaminas, sometidos a una fuente de calor. Se considera que la avena germinada aumenta sus propiedades dietéticas y vitamínicas, aumentando su digestibilidad.

La avena recién cosechada no tiene mucho sabor, y el poco sabor que posee no es muy atractivo. Los sabores deseables se desarrollan por las operaciones de humidificación y secado aplicadas durante el procesamiento.

La eliminación del pericarpio, por el procedimiento de pulimento húmedo, es ventajoso en la obtención de alimentos infantiles de avena, ya que el contenido de fibra se reduce así en 30-40%.

## **9. PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN**

### **9.1 HARINA DE AVENA**

La harina se obtiene triturando el granulado más grueso y cribando el material fino, se destina principalmente a alimentos infantiles y a cereales de desayuno listos para ser consumidos.

La buena calidad en la avena, implica ausencia de granos germinados, ausencia de los efectos nocivos de la intemperie y ausencia de hongos.

El procedimiento para elaborar harina de avena es el siguiente:

#### **Limpieza**

Se lleva a cabo la eliminación de los cuerpos extraños, los equipos que se utilizan en esta operación son discos alveolados y triarbejones, aspiradores; cribas y separadores electrostáticos.

#### **Estabilización**

En comparación con otros cereales, la avena es relativamente alta en grasas, los granos sin cáscara contienen de un 5 a un 9%. Esta grasa está distribuida de manera uniforme en todo el grano y permanece sin alteraciones durante el almacenamiento en condiciones normales. La enzima lipasa está presente en las capas externas del salvado y es capaz de degradar la grasa, produciendo ácidos grasos libres, dando como resultado una rancidez hidrolítica. Al menos que la lipasa sea inactivada este proceso tendrá lugar cuando el grano sea triturado en el laminado o en la molienda y la lipasa entre en contacto con la grasa. La inactivación de la lipasa es conocida como estabilización. La estabilización se lleva a cabo mediante el uso de calor. En la molienda tradicional

se emplea calor seco, pero debido a que la eficiencia de la inactivación se incrementa mediante el uso de calor húmedo, la mayoría de los molinos emplean este tipo de calor. La estabilización se realiza en un horno radiador, en el cual la avena es tratada con vapor y calor. En este proceso, el cual tiene una duración de 1.5 a 2 horas, se calienta la avena a más de 100° C, y el contenido de humedad se incrementa de un 13.5% a más del 17%. Posteriormente se realiza un enfriamiento a 20° C con lo cual el contenido de humedad se reduce a menos del 10%. Al finalizar este proceso la lipasa se encuentra totalmente inactivada. Con la estabilización también se destruyen las bacterias y hongos de la superficie del grano, además contribuyen con el típico aroma y sabor. Este proceso se puede realizar en el grano descascarillado o con cáscara, en este último caso las cáscaras se hacen más quebradizas, con lo cual se facilita el descascarillado. La estabilización también lleva a la pérdida de algunas vitaminas termosensibles del complejo B. (Dendy, 2001)

### **Descascarillado en seco**

La avena secada al horno, pasa entre una pareja de piedras grandes circulares, una de las cuales es estacionaria y la otra puede girar. Las dos piedras están separadas por una distancia ligeramente inferior a la longitud del grano de la avena; los granos se revuelven y al final la cáscara se divide en pequeñas partes las cuales se separan por aspiración.

### **Descascarillado húmedo**

Es un método con impacto, en el que primeramente se humedece la avena hasta 22% o más de humedad antes del descascarillado.

En el descascarador que se muestra en la Figura 9.1 la avena penetra por el centro de un rotor de alta velocidad que arroja los granos contra un forro de goma fijo a la caja exterior de la maquina. El forro de goma reduce el número de fracturas

y ayuda a la separación de la cáscara del grano. Las cáscaras liberadas por la máquina, son suficientemente ligeras para ser eliminadas por aspiración.

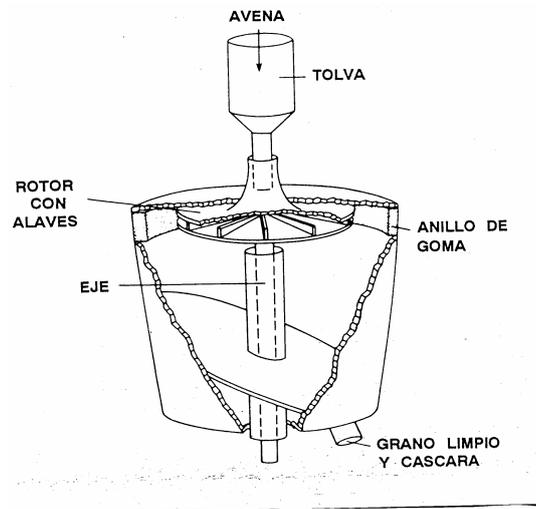


Figura 9.1 Descascarador

## Pulimento

Los granos descascarillados se cepillan o restregan para desprender los finos tricomas que cubren gran parte de su superficie. Los tricomas se eliminan tamizando y por aspiración y forman parte del subproducto llamado “polvo de avena”.

## Corte

Los granos pulimentados se cortan transversalmente, generalmente con un tambor cortador. Cada grano se divide en cuatro o cinco trozos llamados harina de cabeza de alfiler, con peso medio de 6 mg cada pieza.

El proceso de corte produce una pequeña cantidad de harina que se separa por cernido y se utiliza para fabricar alimentos de alta calidad para animales.

## **Trituración**

Reducir el tamaño de la avena puede llegar a ser una operación muy compleja, la energía necesaria para dicha operación dependerá de la estructura interna de la avena, de su dureza, y de la humedad, el grano de avena no se considera un material duro. El mecanismo de molienda se lleva a cabo de la siguiente manera: Primero se crean pequeñas fracturas, las cuales se van extendiendo y ramificando y por ultimo cuando la concentración de energía sobrepasa un valor mínimo, se produce la ruptura del grano.

Para la obtención de harina principalmente se utilizan los molinos de discos ya que juegan un papel muy importante en la molienda fina. Estos molinos utilizan las fuerzas de frotamiento o cizalla para reducir el tamaño.

Dentro de los molinos de discos existen los molinos de disco único, donde la avena pasa a través de la separación estrecha que existe entre un disco estriado que gira a gran velocidad y la armadura estacionaria del molino. Como consecuencia de la intensa acción cizallante se produce la trituración de la carga.

La separación se puede variar según cual sea el tamaño de la materia prima y las exigencias del producto acabado. En la Figura 9.2 podemos ver un molino de discos único.(Brennan, 1980)

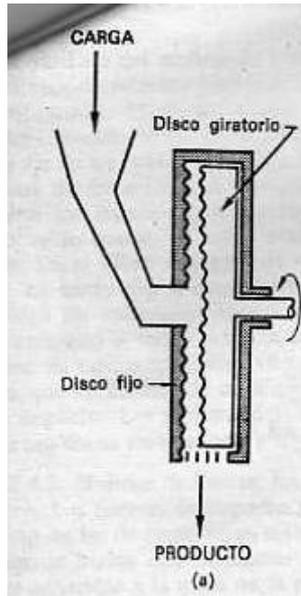


Figura 9.2 Molino de disco único.

También existe el molino de doble disco, este contiene dos discos que giran en dirección opuesta proporcionando un grado mayor de cizallamiento que el que se puede conseguir con los molinos de disco único. En la Figura 9.3 se puede observar un molino de disco doble.(Brennan, 1980)

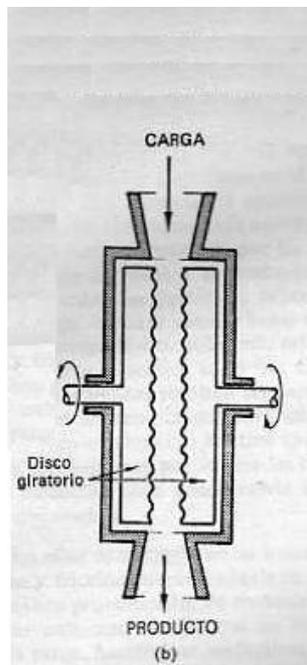


Figura 9.3 Molino de disco doble.

En la molienda de avena puede haber problemas de apelmazamiento por el contenido de grasa que tiene el grano, para evitar esto se pueden utilizar equipos que cuenten con camisas en toda la zona de molienda que permitan el enfriamiento de dicha zona. Otra solución es proveer de entradas de aire bien distribuidas por el equipo para que el aire frío ayude a disminuir la temperatura.

## **Tamizado**

Posterior a la molienda de avena es necesario utilizar tamices, que es lo más recomendable para homogenizar la granulometría de la harina. También es importante tener un control sobre la descarga del producto, el cual se logra por medio de una rejilla a la salida del molino, esta rejilla retiene el producto en la zona de acción del molino hasta que el tamaño de las partículas se haya reducido a un tamaño capaz de pasar por la rejilla.

El tamizado es una operación básica en la que una mezcla de partículas sólidas de diferentes tamaños se separan en dos o más fracciones pasándolas por un tamiz. Un tamiz es una superficie que contiene cierto número de aperturas de igual tamaño. Los tamices pueden estar hechos con barras metálicas, láminas, acero inoxidable, tela de nylon o tejidos manufacturados con hilos.

El producto molido se pasa a través del tamiz, el cual retiene el producto que tiene una granulometría mayor a la abertura del tamiz, la mayoría de veces este producto se vuelve a pasar por el molino para disminuir su granulometría y posteriormente pasarlo por el tamiz nuevamente para corroborar la disminución de tamaño.

También existen tamices vibratorios, estos tamices son sacudidos mecánicamente y constan de una serie de tamices montados unos sobre otros, con los que se realiza la separación de una carga dada en varios intervalos de tamaño. Los polvos más finos se destinan al producto denominado harina, los

polvos más gruesos se destinan a otros productos tales como mezclas con otros cereales.

Existen factores que pueden afectar la operación de tamizado estos factores pueden ser: la velocidad de alimentación ya que si la velocidad de alimentación es demasiado grande se tendrá como resultado un tiempo de residencia insuficiente sobre la superficie del tamiz, ya que este se sobrecarga y el producto que pudiera pasar por los orificios no lo hace debido a que el exceso de gruesos no se los permite.

El tamaño de partículas también puede afectar ya que las partículas grandes tienden a impedir el paso de las pequeñas, y si hay una gran proporción de partículas grandes puede llegar a ser necesaria una separación preliminar.

La humedad puede causar la adhesión entre las partículas pequeñas y las grandes, con lo que las pequeñas serán arrastradas junto con las grandes. Los tamices deteriorados también pueden afectar la eficiencia del tamizado, ya que las partículas grandes pasarán por las zonas dañadas, con lo que se disminuirá la eficiencia de la separación. (Brennan, 1980)

Las pruebas de calidad para los productos de avena triturada están constituidas por: determinación de humedad, de fibra cruda, de ácidos grasos libres y de actividad lipásica

En la Figura 9.4 se puede observar el diagrama de flujo de las diferentes operaciones que se deben llevar a cabo para producir harina de avena.

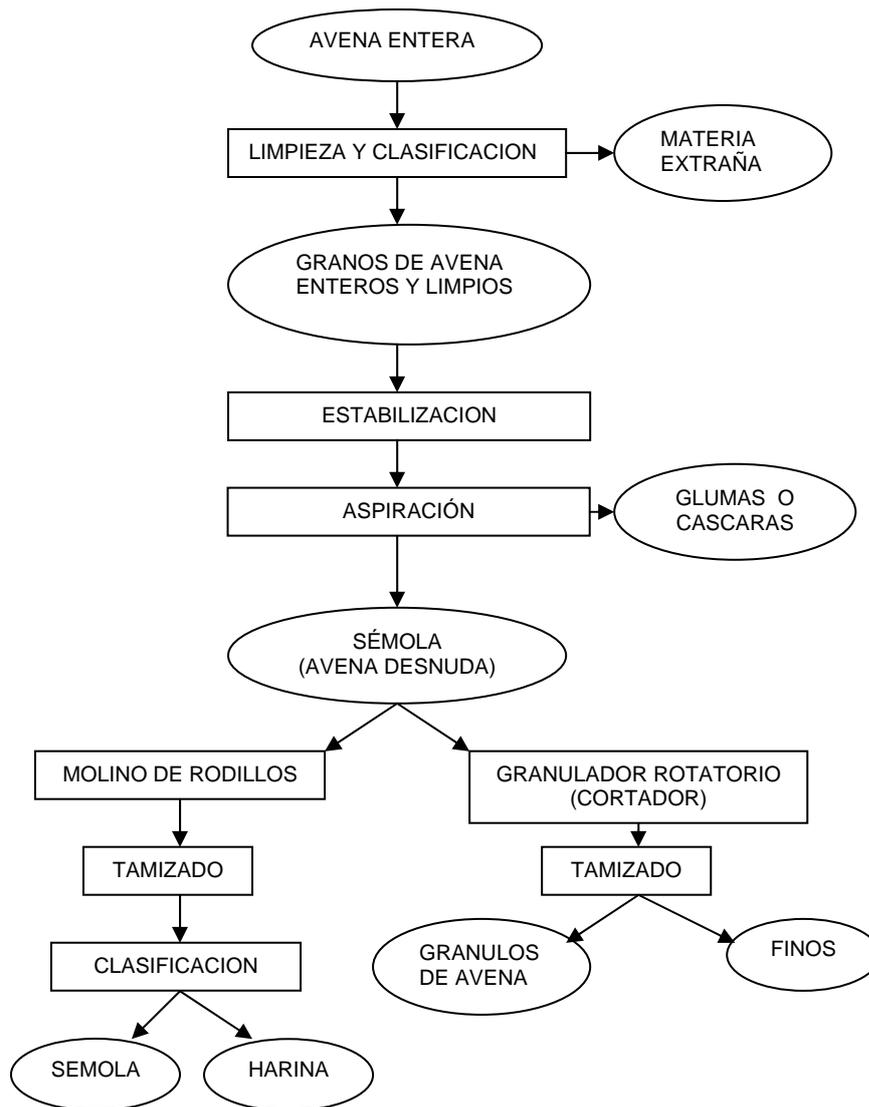


Figura 9.4 Diagrama de flujo de la molienda de avena

## 9.2 HOJUELAS DE AVENA

Una vez realizada la limpieza, la estabilización y descascarillado el grano de avena se corta en dos o cuatro partes ya que los granos enteros producen hojuelas muy grandes. El corte se realiza en un granulador rotatorio, los granos se colocan en un tambor rotatorio cuyos orificios los alinean para ser cortados por unas cuchillas estacionarias que se encuentran en el extremo y en el fondo del tambor. En cuanto la punta del grano pasa a través de la perforación, es cortada por la cuchilla. Los granos troceados se acondicionan para el laminado calentándolos con

vapor. El calor y la humedad sirven para unir los granos aplanados y prevenir la separación durante el proceso de laminado al inducir una limitada gelatinización del almidón. Es necesaria una distribución homogénea del calor y la humedad para producir hojuelas de buena calidad. El cocimiento con vapor también completa la inactivación de la lipasa. Los granos son retenidos en el vapor durante 12 o 15 minutos, durante este tiempo su temperatura se incrementa a 99-104° C.

Posteriormente los granos pasan directamente a los rodillos que rotan a una velocidad de 250-450 rpm. Las hojuelas para alimentos instantáneos tienen un espesor de 2.5-0.38 mm. Las hojuelas normales son 50-75% más gruesas. Después de los rodillos, las hojuelas pasan sobre tamices vibratorios donde se retiran los trozos pequeños y las aglomeraciones de hojuelas sobrecocidas. Finalmente las hojuelas se enfrían a aproximadamente 43° C y están listas para empacarse.

El material tradicionalmente usado para envasar las hojuelas terminadas es el cartón, el cual da oportunidad de que ocurra intercambio gaseoso entre el producto y el medio que lo rodea, removiéndose compuestos volátiles de oxidación. Las hojuelas de avena son de una textura no crujiente.

En la Figura 9.5 podemos ver el diagrama para elaborar hojuelas de avena.

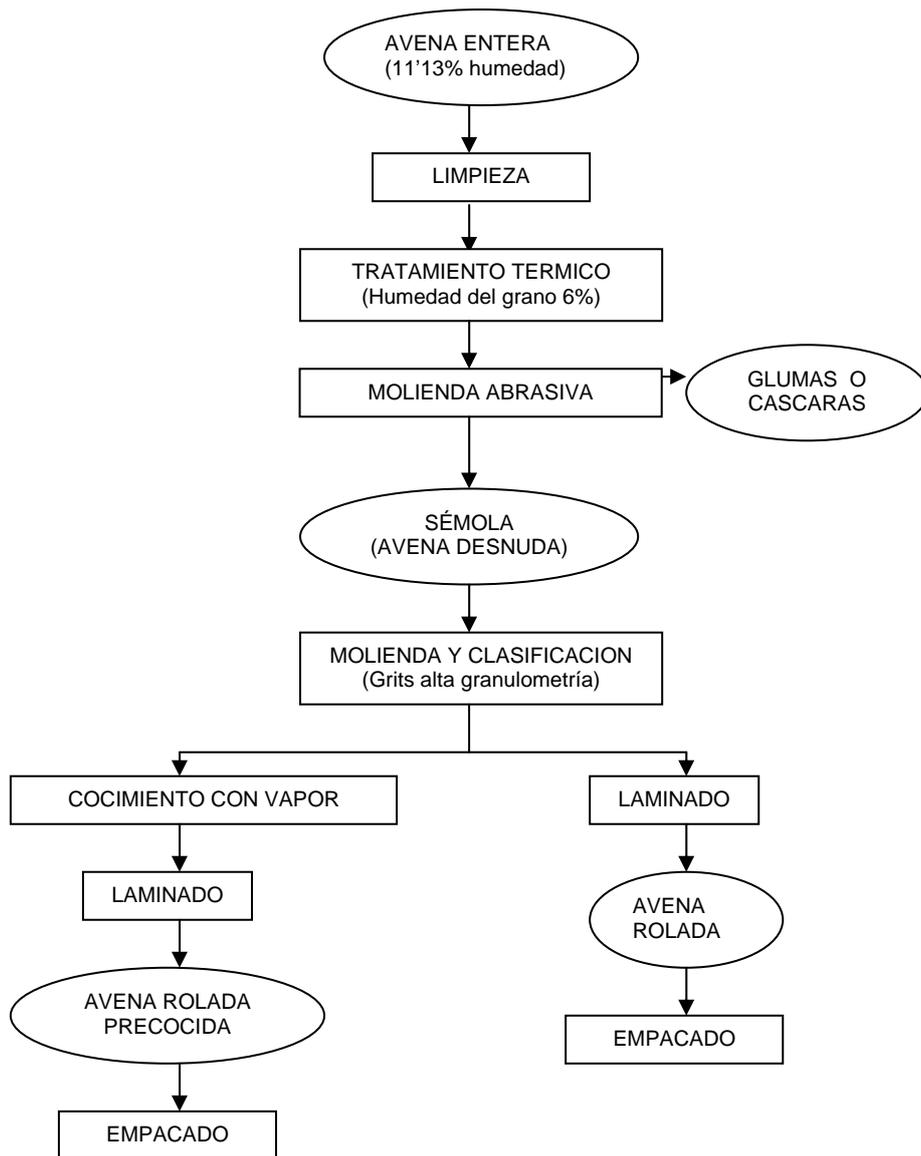


Figura 9.5 Proceso para elaborar hojuelas de avena.

En la actualidad la hojuela de avena se utiliza mucho en mezclas con otros cereales, estas mezclas se utilizan en la industria de panificación, para decorar el pan, o darle un perfil de sabor más agradable a los consumidores.

### 9.3 GALLETAS

Para la elaboración de galletas se requieren batidoras industriales donde se mezclan las siguientes materias primas: la harina, el polvo para hornear, la avena, el azúcar, la margarina, el huevo previamente batido y la esencia de vainilla.

Poco a poco se va agregando el agua, para que se forme una masa. Posteriormente la masa se pasa a las amasadoras en donde hay movimientos envolventes que hacen que la masa se ponga suave. Muchas veces la mezcla de ingredientes se hace en las mezcladoras para evitar utilizar doble equipo.

Una vez que la masa fue amasada y ya esta suave, se pasa por unas bandas que transportan la masa hasta unos rodillos, por donde la masa pasa y se lleva a cabo la laminación, estas tiras de masa se transportan con bandas hasta otros rodillos los cuales en su superficie cuentan con moldes que cortan la masa en figuras.

Las figuras se transportan en bandas metálicas que pasan a través de los hornos que están a una temperatura de 175° C, donde se hornean.

Enseguida se muestra un ejemplo de una formula tipo para la elaboración de galletas y en la Figura 9.6 se observa el diagrama de flujo de la elaboración de galletas.

Ingredientes:

Harina	24.51%
Hojuelas de avena	14.51%
Azúcar	19.60%
Margarina o manteca	24.51%
Polvo para hornear	0.70%
Huevo	5.88%
Esencia de vainilla	0.29%
Agua	10.00%

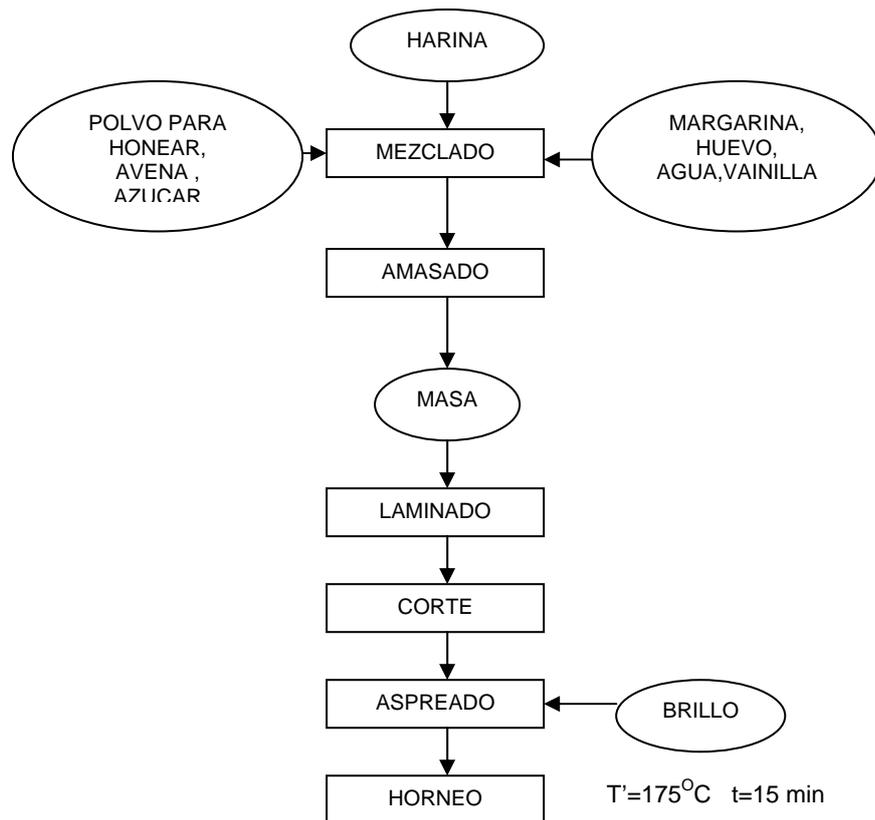


Figura 9.6 Proceso para elaborar galletas.

## 9.4 BIZCOCHOS

En la elaboración de los bizcochos de avena, intervienen otros ingredientes aparte de la avena, los cuales ayudan a dar las propiedades necesarias para obtener un producto con una calidad aceptable.

Para su elaboración, se mezcla la harina con la canela en polvo, la cual ayuda en el sabor del producto. Por otro lado se debe fundir la grasa junto con los ingredientes edulcorantes (azúcar). Una vez realizada la mezcla se deben incorporar el huevo, así como esencia de vainilla, la cual también proporcionará notas de sabor. Posteriormente se mezclan los polvos a la grasa alternando con la leche en este momento se empieza a formar una masa, esta masa se debe laminar sobre harina, se debe cortar de 1 ½ cm de espesor, por último se corta en círculos

y se colocan sobre charolas engrasadas. Se someten a un horneado hasta que se obtenga un producto dorado.

Enseguida se muestra una formula tipo para la elaboración de galletas.

Ingredientes:

Harina	32.30%
Canela en polvo	0.32%
Manteca o margarina	12.92%
Azúcar	25.84%
Huevo	3.87%
Avena Integral	19.38%
Esencia de vainilla	0.19%
Leche	5.18%

En la Figura 9.7 se puede ver el diagrama de flujo para la elaboración de bizcochos.

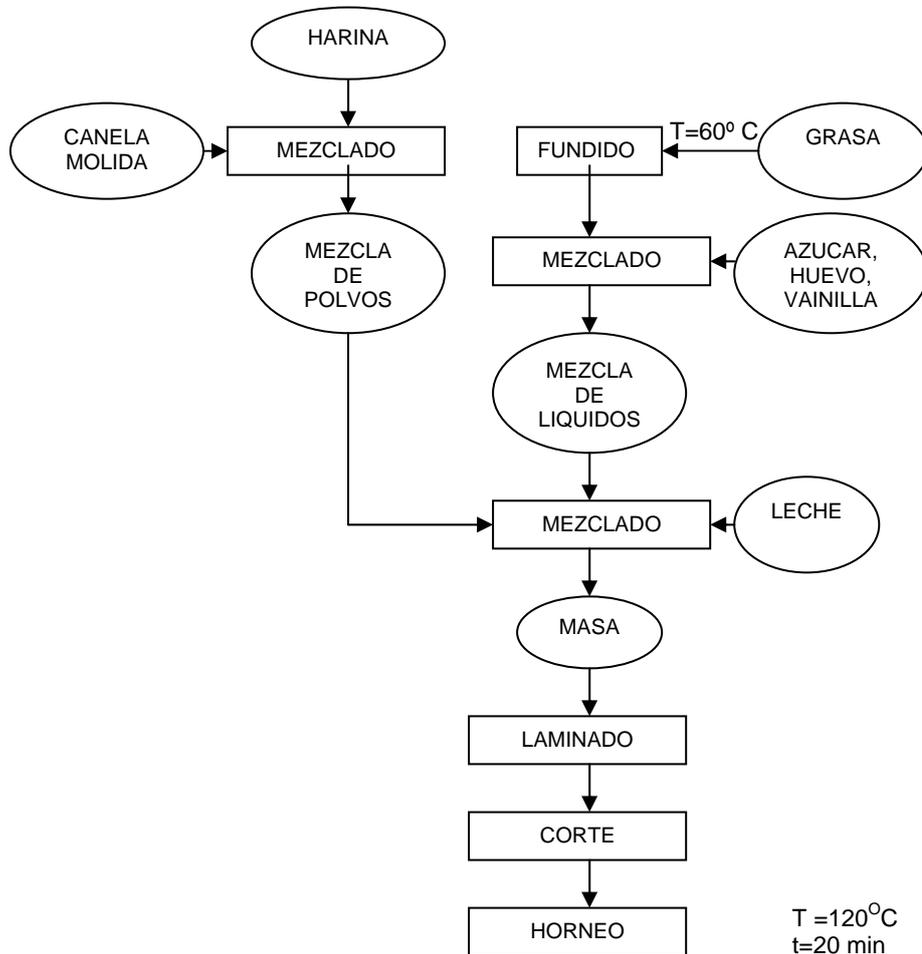


Figura 9.7 Proceso para elaborar bizcochos.

## 9.5 BARRITAS

Para la elaboración de barras se requieren de tinas con chaqueta donde se calienta el aceite para poner a freír el ajonjolí.

Por aparte se funde la margarina, una vez fundida se agregan los bombones poco a poco, realizando movimientos envolventes, esto se lleva a cabo en una mezcladora que cuente con una chaqueta para poder realizar el calentamiento. Cuando se tiene una masa homogénea, se agrega la avena y el ajonjolí una vez escurrido, se continúa con los movimientos hasta que el ajonjolí y la avena se hayan incorporado perfectamente. Posteriormente se suspende el calentamiento.

Inmediatamente se vacía en moldes los cuales previamente fueron engrasados para facilitar el desmolde.

Se dejan enfriar y posteriormente se desmoldan. En la figura 9.8 se observa el procedimiento para realizar barras.

Enseguida se muestra una fórmula tipo para elaborar barras.

Ingredientes:

Hojuelas de avena cruda	30.51%
Ajonjolí	22.60%
Bombones grandes	14.12%
Margarina o mantequilla	20.34%
Aceite de maíz o girasol	12.43%

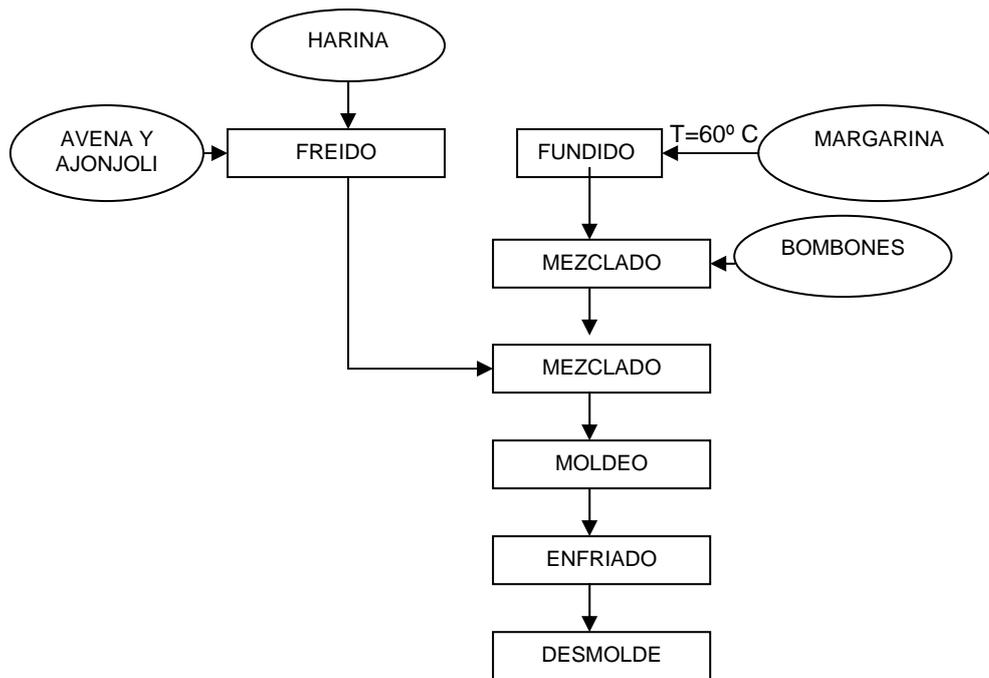


Figura 9.8 Proceso para elaborar barras con avena.

## DISCUSIÓN

La avena es un cereal del cual no hay una alta producción en el mundo, sin embargo si es un cereal del que se pueden obtener muchos beneficios.

Es importante tener un buen control a lo largo de todo el proceso que se genera al tratar de obtener granos de buena calidad, esto implica tener un buen control con las semillas y determinar las condiciones a las que se va a sembrar, con una previa preparación del terreno adecuada. Se debe llevar una inspección de la planta a lo largo de su desarrollo para evitar que se presente alguna plaga que haga que se obtengan granos dañados o contaminados, en caso de ser necesario algún fumigante éste se debe de utilizar en las dosis adecuadas.

Las labores de cosecha y poscosecha constituyen las fases de producción menos valoradas. Es en estas etapas donde se presentan altas pérdidas de grano si no se realizan adecuadamente, es decir, utilizando la maquinaria y condiciones de operación adecuadas para evitar dañar el grano.

En la actualidad existen cosechadoras que facilitan esta operación, las cuales están diseñadas para recolectar el grano de una manera más rápida, pero esto no garantiza que se obtenga el mayor rendimiento y la mejor calidad.

La importancia de las operaciones poscosecha radica fundamentalmente en acondicionar el grano de avena para su posterior almacenamiento. Es importante realizar una buena limpieza para eliminar aquellos materiales extraños que disminuyen la eficiencia del secado y que además ocasionan pérdidas de producto, contaminación y disminución de la calidad durante el periodo de almacenamiento.

Durante el almacenamiento se puede tener hasta un 25% de pérdidas de grano, por lo cual es importante contar con un sitio adecuado que asegure la conservación del grano de avena sin alterar sus propiedades nutricionales. Los

factores críticos a controlar durante el almacenamiento son la temperatura y humedad, ya que estas condiciones repercuten directamente sobre el desarrollo de microorganismos, insectos, y la respiración del grano. Los hongos son los microorganismos que causan mayor daño en el grano almacenado, deteriorando su apariencia, olor y sabor, además de que algunos de ellos son altamente tóxicos. Los insectos favorecen el crecimiento de mohos, al producir vapor de agua y calor, además causan pérdidas de grano, al consumir el endospermo y almidón, por lo cual es necesario contar con un buen sistema de fumigación para prevenir el daño causado por estos agentes biológicos.

El almacenamiento de tipo hermético es una buena opción para conservar el grano de avena ya que no requiere del uso de plaguicidas debido a que con la respiración del grano, la atmósfera se va modificando hasta agotar el oxígeno, evitando que los insectos y hongos puedan sobrevivir.

La importancia del grano de avena como alimento radica en su composición química, ya que es considerado uno de los cereales más completos que debe estar incluido en la alimentación de personas de todas las edades. La avena es única entre los cereales por su equilibrio de aminoácidos y contiene una mayor cantidad de aminoácidos esenciales, es rica en carbohidratos, contiene mas minerales que cualquier otro cereal y la mayoría de sus lípidos son insaturados.

Generalmente, la avena se utiliza en mezcla con harina de trigo en los diferentes procesos de transformación, esto es debido a que por su composición proteica no tiene la capacidad de formar gluten.

Son muchos los beneficios nutricionales que se obtienen con el consumo de avena, entre los que sobresalen: el buen funcionamiento intestinal, la disminución del nivel de colesterol en la sangre y la prevención de enfermedades cardiovasculares. Estos beneficios en su mayoría se deben a la presencia de fibra tanto soluble como insoluble.

## **CONCLUSIÓN**

En México no ha sido muy aprovechada la avena como alimento para humanos debido a la falta de información sobre sus cualidades nutritivas, así como la existencia de diferentes formas de consumo, por lo que la mayor parte del cultivo se emplea como forraje para la alimentación de ganado. Esto también se debe a la falta de tecnología en el almacenamiento que puedan asegurar la conservación del grano de modo que mantenga las características necesarias para ser consumido por el hombre así como también a la limitante de que la avena es un cereal con bajo contenido de glutelinas por lo que no puede ser utilizada como la base en la fabricación de un producto de panificación debido a que no forma gluten y debe ser mezclada con harina de otros cereales, principalmente de trigo. La mayoría de la investigación realizada en México ha sido encaminada principalmente a su utilización y conservación como forraje, sin embargo en esta investigación se han sugerido algunas opciones de transformación que permitan aprovechar sus nutrientes.

Se recomienda la continuación de esta investigación realizando estudios enfocados a aspectos como el mejoramiento de las variedades de avena, sistemas de almacenamiento, equipos de proceso y maquinaria que generen mayor rendimiento del grano, así como el desarrollo de productos en los cuales se utiliza la avena y de esta manera fomentar un mayor cultivo y consumo de este cereal.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Aguado, M.(1978).“Diez temas sobre cereales”.3ª ed, Ed. Ministerio de agricultura, Madrid España.
- Aguilar, M. (1984).”Evaluación de la composición química de la avena sativa variedad (Chihuahua) sometida a heneficación y ensilaje en el centro del programa de extensión agropecuaria”. UNAM, México.
- Bellido,J. (1991).”Cultivos herbáceos Cereales”, Vol.1, Ed. Mundi-Prensa, España.
- Brooker, B.(1992).”Drying and storage of grains and oilseeds”. Ed.AVI, USA.
- Brooker, B.(1975).”Drying cereal grains, Second Printing”. Ed.The AVI publishing Company, USA.
- Carrillo, N.(1996).”Almacenamiento y conservación de granos y semilla”. México.
- Chapman, P.(1992).”Introducción a las gramíneas”.Ed. Acribia S.A, Zaragoza España.
- Colleoni, M.(2004).”Cereal Chemistry, Vol. 81” Pasting and thermal properties of flours from oat lines with high and typical amounts of  $\beta$ -glucan.
- Cruz, F.(1990).”Avances en la ingeniería agrícola, técnicas de almacenamiento”. Boletín de servicios agrícolas de la FAO, Roma.

- Cultivos anuales de México, VII Censo agropecuario. INEGI. México 1997.
- Dokuyucu, T. (2003). "Cereal chemistry". Vol. 80, Contents of antioxidant compounds in Turkish oats: Simple phenolics and avenan tharamide concentrations.
- Duss, R. (2004). "Cereal chemistry". Vol. 49, Oats soluble fibers ( $\beta$ -glucans) as a source for healthy snack and breakfast foods.
- García, N. (1990). "Estudio de la asociación avena (avena sativa) como alternativa para producir forraje en invierno".
- García, M. (1994). "Evaluación de dos especies de avena y dos variedades de ballico anual". México, 1994.
- Huerta, P. (1992) Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Inglett, G. (1980). "Cereals for food and beverages. Recent Progress in cereal chemistry and technology". Ed. Academic press, USA.
- Joseph, P. (2000). "Handbook of cereal science and technology". Ed. BOARD, USA.
- Kent, L. (1987). "Tecnología de los cereales". Ed. Acribia, España.
- López, M. (1986). "Avena, alpiste y mijo". Ed. Albatros, Buenos Aires Argentina.
- La producción de avena en México. Claridades agropecuarias. SAGARPA. No. 14, 1994.

- Lucia, M.(1993).”La ingeniería agraria en el desarrollo, manejo y tratamiento de granos poscosecha, organización y técnicas”. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 93. Roma.
- Matz, S.(1991).”The chemistry and technology of cereals as food and feed” 2a ed, Ed. AVO, USA.
- Mechel, G.(1984).”Las gramíneas forrajeras”. Ed. Acribia. Zaragoza España.
- Metcalfe, S.(1987).”Producción de cosechas. Fundamentos y prácticas”.Ed. Limusa, México.
- Moreno, E.(1988).”Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados”. UNAM, México.
- Muñoz,O.(1990).”Evaluación de la producción de un cultivo de avena forrajera (avena sativa L) variedad Cuahutemoc y variedad Chihuahua bajo diferentes dosis de ferertilización en la zona de Marín”. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Paquetes tecnológicos. Secretaria de desarrollo Agropecuario. Coordinación Regional V Atlacomulco. México, 1994.
- Pomeranz.(1987).”Cereal science and technology”. Ed. VCH Publishers, USA.
- Ramírez, M.(2001). ”Producción de tres variedades de avena forrajera entre durazno”. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

- Rhymer, C.(2005).”Cereal chemistry”.Vol.82. Effects of genotype and environment on the starch properties and end-product quality of oats.
- Robles, R. (1983).”Producción de granos y forrajes”. 4ª ed. Ed. Limusa. México.
- Romero, O. (2000).”Variedades de avena y su utilización en producción animal e industrial”.Boletín INIA, N° 34. Chile.
- Salunkhe, K.(1985).”Postharvest biotechnology of cereals”. Ed. CRC Press, USA.
- Shaw R.(1992).”Gramineas”. 1ª ed , Ed. AGT Editor A.S, México.
- Stephen, C.(1976).”Producción agrícola”. Ed. Acribia S.A, Zaragoza España.
- Trujano D.(2001).”Evaluación de fertilizaciones orgánicas y químicas sobre la avena forrajera (avena sativa) en la Comarca Lagunera” México.
- V.Dendy.(2001).”Cereals and products chemistry and technology”. Ed. ASPEL publication, USA.
- Webster, H.(1986).”Oats: chemistry and technology”. Ed. American Association of cereal chemists, Minnesota USA.

## PAGINAS DE CONSULTA.

[www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)

[www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)

[www.fao.org](http://www.fao.org)

[www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)

[www.nutricionyrecetas.com](http://www.nutricionyrecetas.com)

[www.sagpya.mecon.gov.ar](http://www.sagpya.mecon.gov.ar)