



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**“PANIFICACION: INGREDIENTES, CALIDAD Y SUS PROCESOS”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERA EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:**

**CALVA RODRÍGUEZ KARLA IVETH.**

**ASESORA: M. en C. MA. DEL CARMEN VALDERRAMA BRAVO.**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO DE MEXICO, 2008.**



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.

## INDICE GENERAL

<b>INDICE DE CUADROS.....</b>	<b>I</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>III</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>V</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>1</b>
<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Los cereales .....</b>	<b>2</b>
1.1.1. Estructura del grano.....	2
1.1.2. Constituyentes químicos.....	6
<b>1.2. El trigo.....</b>	<b>9</b>
1.2.1. Estructura y composición química del grano.....	10
1.2.2. Clasificación del trigo.....	12
<b>1.3. Harinas empleadas en panificación.....</b>	<b>16</b>
1.3.1. Definición de la harina.....	16
<i>1.3.1.1. Harina de trigo.....</i>	<i>17</i>
<i>1.3.1.2. Harina de centeno.....</i>	<i>18</i>
<i>1.3.1.3. Harina de avena.....</i>	<i>19</i>
<b>1.4 Proceso de obtención de harina de trigo.....</b>	<b>19</b>
1.4.1. Proceso de molienda.....	20
1.4.2. Grado de extracción.....	26
1.4.3. Calidad de las harinas.....	29
1.4.4. Clasificación de las harinas.....	30
1.4.5. Harinas especiales.....	31
<b>1.5. Tratamientos post molienda.....</b>	<b>34</b>
1.5.1. Blanqueo.....	35
1.5.2. Mejorantes.....	36
1.5.3. Enzimas.....	51

<b>1.6 El pan.....</b>	<b>55</b>
1.6.1. Definición del pan.....	55
1.6.2. Clasificación del pan.....	55
1.6.3. Aspectos nutritivos.....	57
<b>2. ANÁLISIS DE CALIDAD PARA GRANOS Y HARINAS EMPLEADAS EN PANIFICACIÓN.....</b>	<b>59</b>
<b>2.1. Métodos para evaluar la calidad de los granos.....</b>	<b>59</b>
2.1.1. Métodos físicos.....	60
2.1.2. Métodos químicos.....	62
2.1.3. Métodos eléctricos.....	64
<b>2.2. Métodos para evaluar calidad de las harina.....</b>	<b>65</b>
2.2.1. Métodos físicos.....	65
2.2.2. Métodos químicos.....	67
2.2.3. Pruebas de fermentación.....	71
2.2.4. Métodos reológicos.....	72
<b>3. INGREDIENTES DE PANIFICACION.....</b>	<b>92</b>
<b>3.1. Harinas de panificación.....</b>	<b>92</b>
<b>3.2. Agentes leudantes.....</b>	<b>94</b>
3.2.1. Agentes leudantes del tipo químico.....	94
3.2.1.1. <i>El anhídrido carbónico</i> .....	94
3.2.1.2. <i>Polvos fermentantes</i> .....	96
3.2.1.3. <i>Polvos de hornear</i> .....	98
3.2.2. Agentes leudantes del tipo biológico.....	103
3.2.2.1. <i>Levadura prensada</i> .....	104
3.2.2.2. <i>Levadura líquida</i> .....	105
3.2.2.3. <i>Levadura industrial granulada</i> .....	106

<b>3.3. Agua.....</b>	<b>112</b>
3.3.1. Características organolépticas.....	112
3.3.2. Características químicas.....	113
3.3.3. Dureza del agua.....	114
3.3.4. Características microbiológicas.....	117
<b>3.4. Sustancias grasas.....</b>	<b>119</b>
3.4.1. Clasificación de sustancias grasas en panadería.....	119
3.4.2. Características de las grasas.....	120
3.4.3. Propiedades de las grasas para la panificación.....	120
<b>3.5. Sal.....</b>	<b>122</b>
3.5.1. Acción bioquímica de la sal en la panificación.....	123
<b>4. EL PROCESO DE PANIFICACIÓN.....</b>	<b>125</b>
<b>4.1. Etapas principales en un proceso de panificación.....</b>	<b>126</b>
4.1.1. Amasado.....	126
4.1.1.1. <i>Bioquímica del amasado</i> .....	126
4.1.1.2. <i>Efecto del amasado en las características del pan</i> .....	128
4.1.2. Fermentación.....	131
4.1.2.1. <i>Aspectos químicos de la fermentación</i> .....	132
4.1.2.2. <i>Formas de fermentar</i> .....	134
4.1.3. Boleado y división.....	136
4.1.4. Horneado.....	138
4.1.4.1. <i>Fenómenos físicos, químicos y bioquímicos en el horneado</i> ....	141
<b>4.2. Métodos de amasado.....</b>	<b>142</b>
4.2.1. Métodos convencionales.....	142
4.2.1.1. <i>Método directo</i> .....	143
4.2.1.2. <i>Método indirecto</i> .....	146
4.2.2. Comparación de los métodos de amasado directo e indirecto.....	150

4.2.3. Métodos recientes.....	151
4.2.3.1. <i>Proceso Chorleywood</i> .....	152
4.2.3.2. <i>Proceso Do-Maker</i> .....	155
4.2.3.3. <i>Proceso Amflow</i> .....	157
4.2.4. Comparación de los métodos de amasado recientes.....	159
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>161</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>163</b>
<b>REFERENCIAS CONSULTADAS.....</b>	<b>164</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1 Fracciones proteínicas de algunos granos.....	7
Cuadro 1.2 Composición química del grano de trigo.....	12
Cuadro 1.3 Clasificación del trigo según gluten.....	16
Cuadro 1.4 Grado de extracción de harinas.....	28
Cuadro 1.5 Clasificación de harinas.....	30
Cuadro 1.6 Ingredientes utilizados como acondicionadores de masa en panificación.....	33
Cuadro 1.7 Función de los emulgentes.....	41
Cuadro 1.8 Función de los complementos panarios.....	43
Cuadro 1.9 Función de enzimas en harina y masa.....	54
Cuadro 2.1 Métodos para determinación de humedad.....	62
Cuadro 2.2 Métodos para la determinación de cenizas.....	63
Cuadro 2.3 Valores de referencia de Número de Falling.....	70
Cuadro 2.4 Parámetros evaluados del amilógrafo.....	75
Cuadro 2.5 Valores de referencia del amilógrafo.....	75
Cuadro 2.6 Parámetros evaluados en el farinógrafo.....	79
Cuadro 2.7 Calidades de harinas evaluadas en un farinógrafo.....	80
Cuadro 2.8 Parámetros que se evalúan en un extensógrafo.....	84
Cuadro 2.9 Calidad de harinas evaluadas en un extensógrafo.....	86
Cuadro 2.10 Parámetros evaluados en el alveógrafo.....	88
Cuadro 2.11 Parámetros y características evaluados en el alveógrafo.....	90
Cuadro 2.12 Resultados obtenidos de los cambios de la harina en diferentes fases.....	91
Cuadro 3.1 Ventajas y desventajas de agentes leudantes.....	111
Cuadro 3.2 Características físicas y organolépticas del agua.....	112
Cuadro 3.3 Contenidos de constituyentes químicos.....	113
Cuadro 3.4 Naturaleza del agua y su efecto en la masa.....	116
Cuadro 3.5 Límites permisibles de organismos en muestras.....	118

Cuadro 3.6 Clasificación bacteriológica del acuífero utilizado como fuente de agua	
Potable.....	118
Cuadro 4.1 Cambios durante el horneado de la masa.....	140
Cuadro 4.2 Comparación de métodos de amasado directo e indirecto.....	150
Cuadro 4.3 Comparación de métodos de amasado recientes.....	159



INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estructura de los granos de cereales.....5

Figura 1.2 Esquema de un grano de trigo y las capas que lo constituyen..... 11

Figura 1.3 Diagrama de bloques general para molienda.....21

Figura 1.4 Proceso de molienda del trigo.....26

Figura 1.5 Función oxidación-reducción en el gluten.....37

Figura 1.6 Efecto en la estructura de la masa por empleo de mejorantes.....39

Figura 1.7 Efecto directo de los mejorantes en las etapas de panificación.....52

Figura 2.1. Determinadores eléctricos de humedad.....64

Figura 2.2 Molino de laboratorio Quadrumat Junior de Brabender.....66

Figura 2.3 Equipo Glutomatic.....68

Figura 2.4 Equipo de Número de Falling.....69

Figura 2.5 Fermentógrafo de Brabender.....71

Figura 2.6 Amilógrafo de Brabender.....73

Figura 2.7 Amilograma.....74

Figura 2.8 Farinógrafo de Brabender.....76

Figura 2.9 Farinograma.....78

Figura 2.10 Mixogramas.....81

Figura 2.11 Extensógrafo de Brabender.....82

Figura 2.12 Extensograma.....83

Figura 2.13 Alveógrafo de Chopin.....85

Figura 2.14 Formación de alveograma.....86

Figura 2.15 obtención de altura máxima en alveograma.....87

Figura 2.16 aire inyectado para la obtención de longitud máxima en el alveograma.....87

Figura 2.17 Obtención de alveograma.....88

Figura 2.18 Alveograma.....88

Figura 3.1 Levadura prensada.....105

Figura 3.2 Clasificación del agua según cantidad de $\text{CO}_2$ .....	115
Figura 3.3 Clasificación de sustancias grasas.....	119
Figura 4.1 Diagrama de bloques general para elaborar pan.....	125
Figura 4.2 Absorción de agua en el amasado.....	128
Figura 4.3. Relación entre el volumen del producto horneado y la energía del amasado.....	130
Figura 4.4 Proceso de elaboración de pan por método directo.....	145
Figura 4.5 Proceso de elaboración de pan por método masa-levadura.....	147
Figura 4.6 Proceso de elaboración de pan por método con levadura natural.....	149
Figura 4.7 Equipo mezclador-madurador.....	152
Figura 4.8 Proceso de panificación Chorleywood.....	154
Figura 4.9 Proceso de panificación Do-Maker.....	156
Figura 4.10 Proceso de panificación Amflow.....	158

## INTRODUCCION

El pan se horneó por primera vez en Egipto hace casi 6000 años y desde entonces viajó desde allí hasta el Occidente variando sus ingredientes, sabor, textura y forma. En México, se afirma que el trigo lo trajeron los soldados de Cortés y con la introducción de este grano llegaron distintas técnicas de cultivo y procesamiento así como nuevas formas de alimentación. Trigo y maíz requerían de operaciones similares para su procesamiento: desgranado, molienda, fermentación y cocimiento, pero los procedimientos para efectuar estas operaciones no eran iguales. Al cultivarse el trigo, se explotaba mano de obra indígena, prácticamente esclava, además de que ahorrraba a los españoles el costo de traerlo desde España así como las pérdidas y mermas que tal travesía ocasionaba (52).

Dentro del procesamiento de los cereales se encuentra el de la panificación, dicha industria es una de las más importantes en nuestro país. Cabe mencionar que aunque el proceso de panificación es de los más antiguos, cada una de sus etapas son complejas debido a que en todas ellas se llevan a cabo reacciones bioquímicas que son muy importantes en las características organolépticas del pan (15).

Cuando se habla del proceso de panificación no sólo se refiere a las diferentes etapas que en él se llevan a cabo (amasado, fermentación, boleado y fermentación), también involucra aspectos de calidad del cereal, donde las muestras deben ser tomadas por personal especializado para llevar a cabo un control de calidad del cereal. Al pasar por este control es llevado a un proceso de molienda seguido de tratamientos postmolienda donde se emplean mejorantes, enzimas y blanqueo. Dichos tratamientos mejoran las características químicas de la harina y por lo tanto de la masa en la elaboración de pan (12, 65, 6).

Entonces, si las características en la harina son importante, lo mismo debe de ser para los demás ingredientes los cuales deben poseer características propias para su uso en esta industria (82).

En la producción de pan existen varios métodos de amasado, desde los convencionales como el método indirecto y directo, hasta los métodos más recientes como el Amflow, Do-Maker y Chorleywood conocidos como procesos de amasado continuo, en estos últimos se llevan a cabo un desarrollo mecánico y químico de la masa (94).

Hoy en día estos procesos de amasado continuo son de gran importancia ya que eliminan la etapa de fermentación o hacen que esta etapa sea mas rápida, emplean como ingredientes una mezcla líquida a base de agua, azúcar, leche en polvo, sal, levadura y harina los cuales son fermentados o madurados en un mezclador que funciona a altas velocidades y que además incorpora aire. La mezcla es extruida directamente dentro del mismo equipo, se corta la pieza y queda lista. La automatización en la producción de pan con estos métodos de amasado conduce a una mayor producción a bajos costos y con tiempos de producción cortos y mejor control en las propiedades del producto (98, 63, 64).

Para mejorar la producción y calidad del pan que satisfaga las demandas de los consumidores es necesario revisar información referente a los diferentes métodos de panificación, así como las características de calidad de la harina e ingredientes que mas comúnmente se utilizan en este proceso.

Así, este trabajo de tesis intenta hacer una recopilación bibliográfica a cerca del proceso de panificación con el objetivo de que este material proporcione información a cerca de los cereales y su procesamiento a los alumnos que estudian la carrera de Ingeniería en Alimentos.

---

---

# OBJETIVOS

## **OBJETIVO GENERAL**

Realizar una recopilación bibliográfica del trigo y harinas empleadas en panificación, así como de las pruebas de calidad que se realizan para analizar y comparar los diferentes métodos de amasado que se emplean en el proceso de panificación.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

### ***Objetivo particular 1.***

Recopilar la información general sobre el trigo y sus aplicaciones en productos de panificación.

### ***Objetivo particular 2.***

Revisar los tipos de análisis de calidad que se realizan en la harina que se emplea en panificación.

### ***Objetivo Particular 3.***

Investigar los ingredientes que se emplean en la elaboración de pan, así como la función de cada uno de ellos.

### ***Objetivo particular 4.***

Presentar las etapas importantes del proceso de panificación y los diferentes métodos de amasado, realizando un análisis comparativo entre los mismos.

## 1. GENERALIDADES DE LOS CEREALES.

### 1.1 Los cereales.

Los cereales son una especie vegetal perteneciente a la familia de las gramíneas; los más cultivados son el trigo, el maíz, el arroz, la cebada, la avena, el sorgo y el mijo (12).

Se adaptan a cada tipo de clima, por ejemplo, la cebada y el centeno crecen en regiones del norte, el trigo y maíz en regiones templadas y el arroz en regiones de temperatura más calida y en los trópicos (102).

Los cereales requieren diversas cantidades de humedad y se desarrollan en diferentes tipos de suelo. La mano de obra necesaria para el cultivo es baja y el rendimiento de alimentos es alto en relación con el trabajo invertido. Los cereales son seres vivos, respiran desprendiendo dióxido de carbono, agua y calor. El grano con un contenido de humedad de 12 al 14%, puede almacenarse durante periodos prolongados sin sufrir graves daños. En el comercio y en la industria, los cereales se recolectan, transportan y almacenan en forma de grano (102, 97).

Además de que los cereales constituyen una de las fuentes principales de carbohidratos, también contienen proteínas, grasas, algunas vitaminas y minerales (80).

#### *1.1.1 Estructura del grano.*

La estructura anatómica de los granos de todos los cereales es básicamente similar, diferenciándose un cereal de otro solamente en detalle. El grano se subdivide en tres partes fundamentales: pericarpio, endospermo y germen. En el caso específico de granos revestidos, éstos conservan a las glumas después de ser cosechados (80, 22).

Los granos de trigo, centeno y maíz conocidos como granos desnudos se componen de una cubierta de fruto (pericarpio) y semilla. La semilla está constituida a su vez por una cubierta de semilla, germen y endospermo (97).

El grano de avena, cebada, arroz son del tipo vestidos (cariópsides cubiertas) tienen además una capa que envuelve la cubierta del fruto (glumas). Cada una de las partes principales del grano-pericarpio, cubierta de la semilla, germen y endospermo, se subdivide en varias capas, tejidos o regiones (97).

Las *glumas* son estructuras florales en forma de hoja que encierran a las cariópsides de los cereales. Sirven como protección en el grano en desarrollo y maduro contra insectos, hongos y humedad (80).

**1. Pericarpio.** Protege el grano contra agentes bióticos (microorganismos, insectos), impide la pérdida de humedad y conduce y distribuye el agua y otros nutrientes durante la germinación (21). El pericarpio está compuesto por las siguientes capas:

- Epicarpio.
- Mesocarpio.
- Endocarpio.
  - I. *Células intermedias*. Su función es de protección.
  - II. *Células cruzadas*. Evita que la humedad conducida por las células tubulares se pierda.
  - III. *Células tubulares*. Sirven como medio de conducción y distribución del agua que se absorbe a través del germen durante el proceso de germinación.

*Testa.* El color de algunos granos depende en parte de la existencia de pigmentos en esta capa (80, 22).

**2. Endospermo.** Es la porción más grande de un grano, y está compuesto de células que almacenan almidón. Sus paredes son bastante delgadas ya que existe menos celulosa. Los nutrimentos que se encuentran en esta zona son el almidón y las proteínas (71).

**3. Germen (embrión).** Sirve como almacén de nutrientes y como puente de comunicación entre el embrión en desarrollo y los nutrientes del endospermo- carece de almidón y tiene un alto contenido en grasas, proteínas, azúcares solubles y cenizas (80).

En la figura 1.1 se muestra detalladamente cada una de las partes anatómicas de los principales granos de cereales



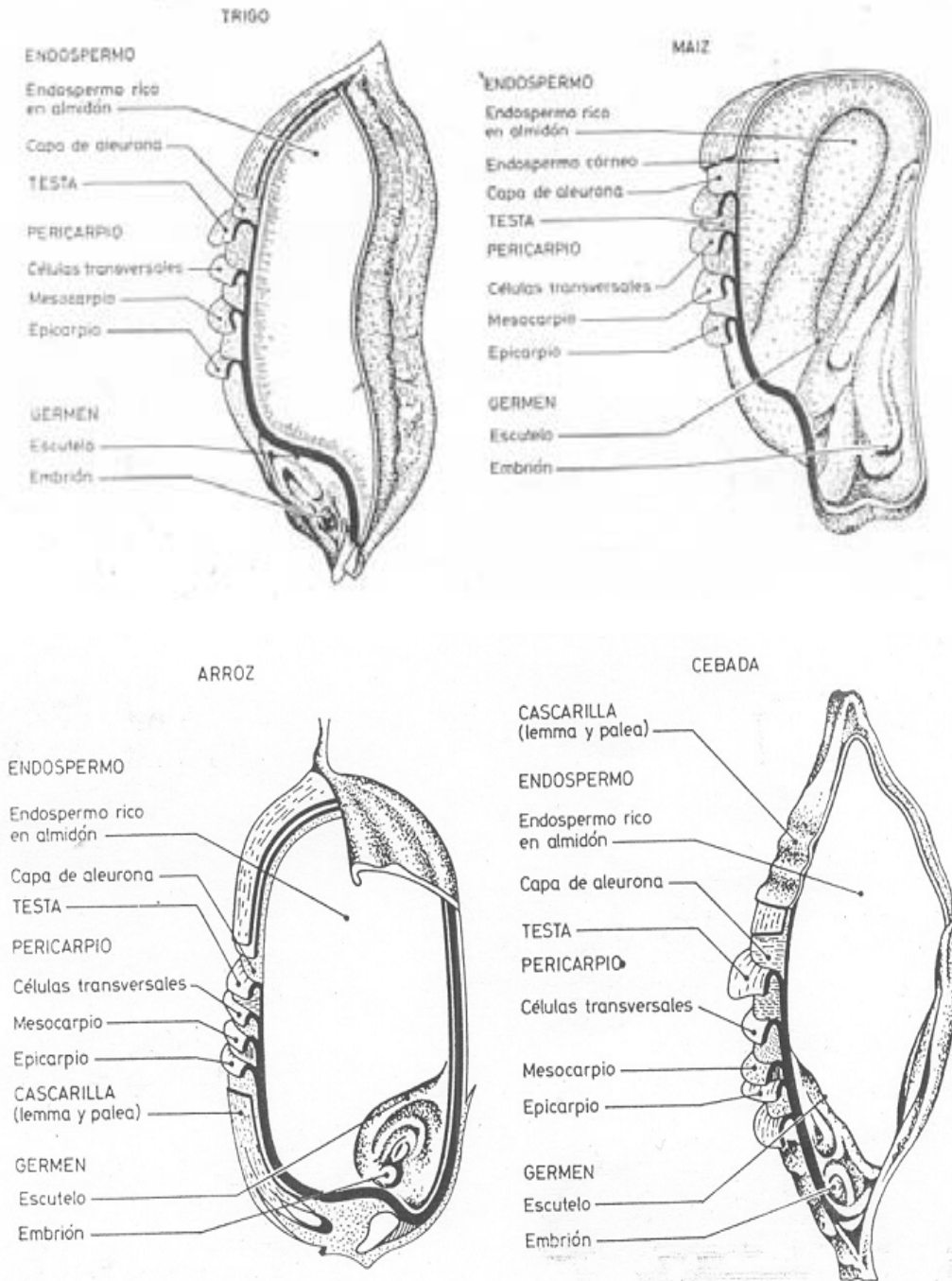


Figura 1.1 Estructura de granos de cereales (71).

### *1.1.2 Constituyentes químicos.*

#### **a) Hidratos de carbono.**

El almidón es el hidrato de carbono más importante de todos los cereales, constituyendo aproximadamente el 64% de la materia seca del grano completo de trigo y un 70% de su endospermo. Un 73% del peso seco del maíz es de almidón y un 62% del mijo

La celulosa y la hemicelulosa (pentosas), son los principales constituyentes de la pared celular de los granos de cereal y junto con la lignina constituyen el grueso de la fibra cruda.

Azúcares. La riqueza de los granos del cereal en azúcar libre es de 1-3%. Los oligosacáridos de la harina de trigo y centeno son la maltotriosa, terrosa y pentosa, que dan glucosa por hidrólisis. También están presentes en las harinas las dextrinas, compuestos intermediarios entre el almidón y el azúcar (97).

#### **b) Proteínas.**

En las proteínas de los cereales se encuentran unos 18 aminoácidos diferentes y constituyen el 9-13% del peso seco de la harina de trigo. Las proporciones en que se encuentran estos aminoácidos y su orden en las cadenas, determinan las propiedades de cada proteína (7, 97).

Osborne (1970) clasificó las proteínas del trigo en cinco categorías, atendiendo a sus características de solubilidad. Se puede hacer una clasificación de las proteínas de todos los cereales, como aparece en el cuadro 1.1 la cual establece los márgenes de los valores de las fracciones Osborne de proteínas (97).

**Cuadro 1.1** Fracciones proteicas de algunos granos. (Porcentaje de proteína total)

<b>Cereal</b>	<b>Márgenes de proteína</b>	<b>Albúminas</b>	<b>Globulinas</b>	<b>Prolaminas</b>	<b>Residuo y glutelinas</b>
Trigo					
HRS	10-15	5-10	5-10	40-50	30-40
Durum	12-16	10-15	5-10	40-50	30-40
Cebada	10-16	3-4	10-20	35-45	35-45
Avena	8-20	5-10	50-60	10-15	5
Centeno	9-14	20-30	5-10	20-30	30-40
Triticale	12-18	20-30	5-10	20-30	30-40
Arroz	8-10	2-5	2-8	1-5	85-90
Maíz	7-13	2-10	10-20	50-55	30-45
Sorgo	10-19	1-8	2-9	32-59	19-37
Mijo (perla)	9-16	15	9	21-38	24-37

*Fuente: Scade, 1981*

Las glutelinas son proteínas insolubles en soluciones salinas neutras y en etanol del 70% y solubles en soluciones diluidas de ácidos o bases, mientras que las prolaminas son proteínas solubles en etanol del 70% (7).

El 85% de las proteínas poseen la característica singular de combinarse con el agua, dando lugar al denominado “gluten”, que confiere a la masa la capacidad de retener gas. El gluten esta constituido por dos grupos principales de proteínas: gluteninas, de alto peso molecular, que son glutelinas (proteínas solubles en soluciones diluidas de ácido o base) y gliadinas de bajo peso molecular, que son prolaminas (proteínas solubles en etanol al 70%) (7).

Cuando se hidratan las gluteninas, forman una masa muy tenaz y elástica, mientras que las gliadinas dan lugar a una masa más fluida, viscosa y poco elástica. El gluten, en conjunto, muestra propiedades de cohesión, elasticidad y viscosidad intermedias (7).

El elevado peso molecular de las gluteninas se debe a la asociación de cadenas, de menor peso molecular, mediante puentes disulfuro. Si estos puentes se rompen, por acción de agentes reductores, la glutenina pierde sus propiedades mecánicas, adquiriendo características viscoelásticas similares a las de la gliadina. Los fragmentos obtenidos por la reducción de la glutenina poseen un peso molecular bastante uniforme, semejante al de las gliadinas. Por tanto las propiedades viscoelásticas de la glutenina, son en gran parte, función de la presencia de enlaces disulfuro intra e intermoleculares y están directamente relacionadas con la calidad panadera de la harina (7, 21).

Las proteínas del gluten, gliadinas y glutelinas, contienen una proporción muy alta de ácido glutámico y relativamente alta de prolamina. El ácido glutámico se encuentra principalmente como glutamina, y los datos experimentales indican que los restos de glutamina son responsables, en gran parte, de las propiedades mecánicas del gluten, porque permiten la formación de un gran número de puentes de hidrógeno. Las propiedades del gluten también contienen una proporción alta de restos no polares- grupos alifáticos y aromáticos-, los cuales, en medio acuoso, tienden a asociarse (interacciones hidrófobicas).

El 15% restante son, principalmente, albúminas y globulinas, solubles en agua o en soluciones salinas neutras, y no poseen las características típicas del gluten. Gran parte de éstas son proteínas enzimáticas. Las harinas de mayor calidad panadera, son más ricas en glutelinas (7).

**c) Lípidos.**

- I. *Ácidos grasos*. Los lípidos de los cereales son glicéridos de ácidos grasos. Los ácidos grasos saturados constituyen el 11-26% del total, los no saturados 72-85%. El arroz y la avena son particularmente ricos en ácido oleico, el centeno en linoleico (97).
  
- II. *Fosfolípidos*. Son una mezcla compleja de grasas, ácidos grasos esenciales, ácido fosfórico y dos vitaminas del grupo B (50).

Los principales tipos de fosfolípidos son las lecitinas, las cefalinas y las esfingomielinas, siendo la lecitina el principal fosfolípido presente en los cereales. La grasa de los cereales contiene hasta un 4% de fosfolípidos (50, 97).

**1.2 El trigo.**

Los trigos crecieron por primera vez en el Medio Oriente, pero a través de los siglos su cultivo se ha extendido. Se estima que existen cerca de 30 mil variedades de trigo, pero sólo unas trescientas se cultivan para su comercialización (19).

Las condiciones de cultivo más favorables incluyen primero una estación fría y moderadamente humedad, seguida de un periodo cálido, soleado y seco mientras madura la planta (18).

El trigo es una materia prima extremadamente versátil y, por consiguiente popular. El trigo comercial se divide en tres grupos principales: "*Triticum aestivium*", "*Triticum durum*" y "*Triticum compactum*". El primero es el más idóneo para hacer harina de pan; el segundo para la fabricación de pastas, y el tercero para la producción de harina de confitería (19).

### *1.2.1 Estructura y composición química del grano*

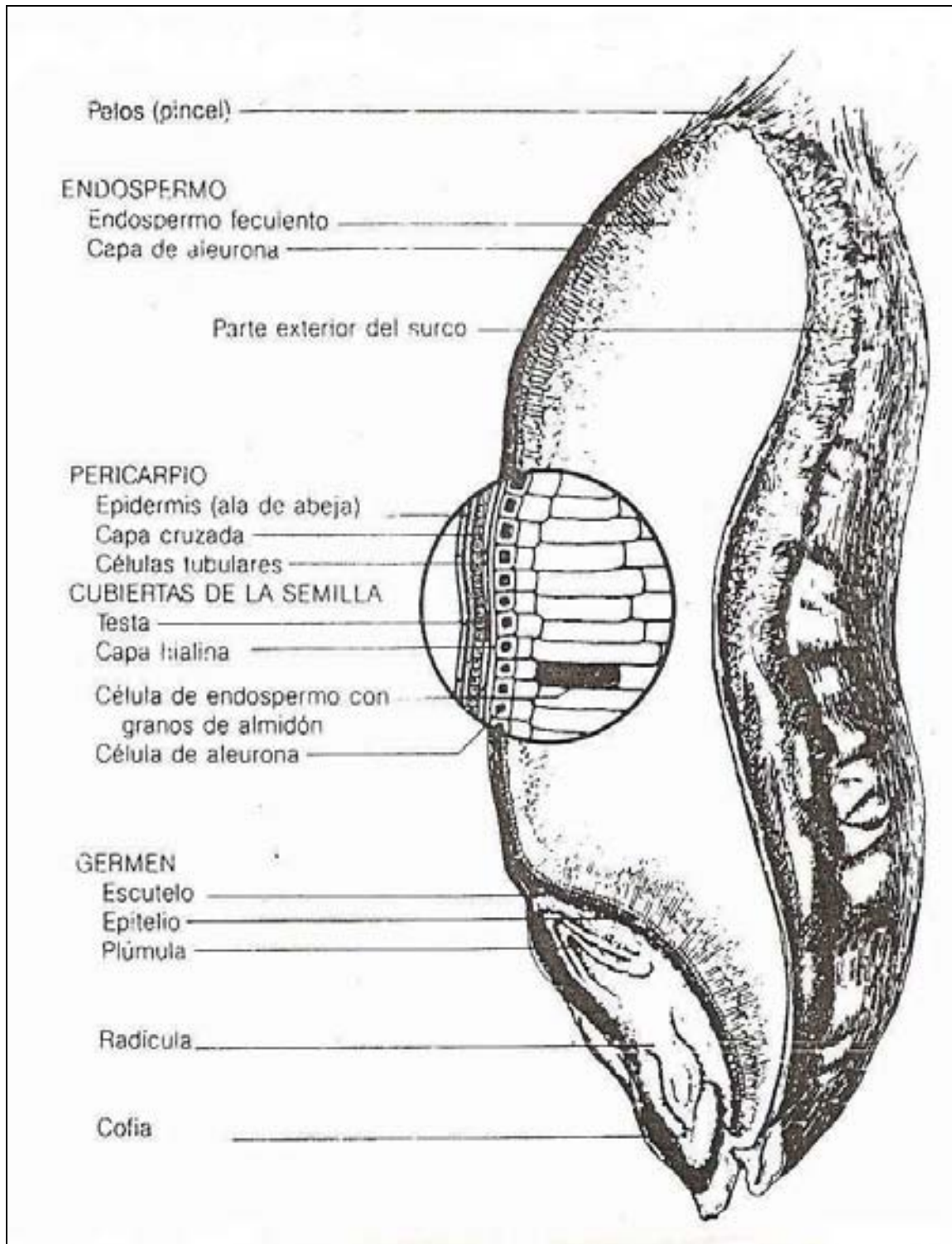
El grano de trigo corresponde al fruto que encierra una sola semilla, botánicamente la carióspside de la planta común del trigo. La composición del grano varía más en el trigo que en cualquier otro cereal (102).

La estructura física del grano puede describirse de la siguiente manera:

- a) Envuelta exterior, epidermis o cutícula fina y transparente.
- b) Segunda capa o epicarpio, fibrosa.
- c) Tercera capa o endocarpio, también fibrosa
- d) Cuarta capa, denominada testa, que contiene el pigmento que da color al trigo.
- e) Quinta capa, proteica denominada aleurona.
- f) Germen, contiene el embrión de una futura planta.
- g) Endospermo, material de reserva compuesto de gránulos de almidón.

Las cinco primeras capas, al ser molturado el grano, proporcionan el salvado (que supone aproximadamente entre el 15% y el 25% del peso del grano, según el tipo de molienda). La harina se obtiene del endospermo, pero incorpora parte de la aleurona. El germen supone el 2.5% del peso del grano. En ocasiones interesa desgerminar el grano antes de proceder a su molturación para evitar así que los aceites y enzimas contenidos en el embrión pasen a la harina (21, 24).

El grano de trigo corresponde al fruto que encierra una sola semilla, botánicamente la carióspside de la planta común del trigo (102). En la figura 1.2 se muestra las capas que constituyen al grano de trigo.



**Figura 1.2** Esquema del grano de trigo y las capas que constituyen: salvado, germen y endospermo (71).

Las diferencias genéticas y las condiciones de cultivo, así como la temperatura y la precipitación pluvial, características del cultivo y del suelo, son las principales responsables de la variación en esta composición (102), la cual se muestra en el cuadro 1.2

**Cuadro 1.2** Composición química del grano de trigo.

<b>Componente</b>	<b>Mínimo (%)</b>	<b>Máximo (%)</b>
Proteína	7.0	18.0
Cenizas	1.5	2.0
Humedad	1.5	2.0
Lípidos	8.0	18.0
Almidón	60.0	68.0

*Fuente: Quagulia, 1991.*

### ***1.2.2 Clasificación del trigo.***

De un modo general, los trigos se clasifican de la siguiente forma:

#### **1) Clasificación según la textura del endospermo.**

##### Trigos vítreos y harinosos.

- I. Vítrea (granos traslúcidos)
- II. Harinosa (granos opacos)

#### **2) Clasificación según tipo de pan**

##### Trigos fuertes y flojos.

- I. Trigos fuertes: tienen la facultad de producir harinas para panificación con piezas de gran volumen, buena textura de la miga y buenas propiedades de conservación, tienen por lo general altos contenidos de proteína (12).



- II. Trigos flojos: dan harina con la que solamente se pueden conseguir pequeños panes con miga gruesa, suelen ser bajos en proteínas (12).

### 3) Clasificación según variedad botánica

#### Trigos duros (*Durum*)

Es un grano largo y estrecho, duro, los extremos más o menos apuntados con un borde dorsal saliente, albumcórneo y de sección algo triangular. Es un trigo semolero (12).

Por su gran cantidad de gluten y las propiedades coloidales de la misma se emplea preferentemente para la elaboración de macarrones, spaghetti y otras pastas alimenticias ya que producen harinas gruesas, arenosas, fluidas y fáciles de cernir (22).

#### Trigos blandos (*Aestivium*)

La harina que de ellos se extrae es utilizada para la panificación. Por sus características analíticas pueden ser diferentes, dependiendo de la zona donde se siembra (12).

### 4) Clasificación según el tiempo de siembra

#### Trigo de primavera

Se siembra al comienzo de la primavera, crece en verano y se cosecha a finales de agosto según las zonas. Se evita así que las heladas e inclemencias climatológicas frenen su desarrollo natural y no lo dejen madurar. Se plantan en lugares más fríos (42).

Estas condiciones favorecen la producción de granos de maduración rápida, con endospermo de textura vítrea y alto contenido proteico adecuado para la panificación (65).

### Trigo de invierno

Sembrado en otoño, crece de forma lenta e inverna cuando llega el frío para cosecharse en verano. Necesita de climas suaves. Produce cosechas de mayor rendimientos y menor riqueza proteica, más adecuado para galletas y pastelería que para panificación (12, 42, 65).

## **5) Clasificación de acuerdo a las características del gluten.**

### Trigo panificable (*Triticum aestivum L*)

Es el trigo que se utiliza en la elaboración de harinas para pan, galletas, tortillas y otros, el cual se identifica de acuerdo a las características del gluten (78).

#### **Grupo 1 (trigos de gluten fuerte).**

Es el que posee las características de fuerza y propiedades visco-elásticas aptas para la industria mecanizada de la panificación y para mezclas con los trigos suaves (78).

#### **Grupo 2 (trigos de gluten medio fuerte).**

Es el que posee las características de fuerza y propiedades visco-elásticas aptas para la industria artesanal y semimecanizada de pan, así como para mezclas con trigos suaves (78, 50).

**✚ Grupo 3 (trigos suaves de gluten débil).**

Es el que posee las características de fuerza y propiedades visco-elásticas aptas para la industria galletera y para la elaboración de otros productos (78).

**✚ Grupo 4 (trigos de gluten tenaz)**

Es el que posee poca fuerza y valores de tenacidad altos, aptos para mezclas y en la producción de harinas con diferente potencial de utilización en la industria pastelera, galletera y en otros productos (78).

Trigo no panificable (*Triticum durum*).

Es el trigo apto para la elaboración de pastas y otros productos, y a éste corresponde el grupo 5 (78).

**Grupo 5 (Trigos cristalinos).**

Aptos para la producción de semolinas, utilizada en la elaboración de pastas y otros productos (78).

En el cuadro 1.3 se clasifica el trigo de acuerdo al gluten, así como características y usos.

**Cuadro 1.3** Clasificación del trigo según gluten.

<b>TRIGO</b>	<b>GLUTEN</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>USOS</b>
<b>Grupo 1</b>	Fuerte y Elástico (extensible)	Grano duro a semiduro	En la industria mecanizada de la panificación Para harina para pan de caja. Como mejorador de trigos débiles.
<b>Grupo 2</b>	Medio fuerte y elástico	Grano duro a semiduro.	En la industria del pan hecho a mano o semimecanizado. Como mejorador de trigos débiles.
<b>Grupo 3</b>	Débil y extensible	No producen harinas panificables por sí solos, requieren mezclarse con trigos Grupo 1 y 2	En la industria galletera y elaboración de tortillas, buñuelos y otros. En la panificación artesanal
<b>Grupo 4</b>	Medio y tenaz (no extensible)	Grano semiduro, no panificable. Se mezcla con trigos fuertes.	En la industria de la repostería (pastelera y galletera).
<b>Grupo 5</b>	Fuerte, tenaz y corto (no extensible).	Grano muy duro y cristalino, no panificable. Contienen carotenoides.	En la industria de pastas alimenticias (espaguetti, macarrones, etc.),

*Fuente:* [www.harina.org/trigo](http://www.harina.org/trigo)

### **1.3 Harinas empleadas en panificación.**

#### ***1.3.1 Definición de harina***

La NOM-147-SSA1-1996 define a la harina como al producto resultante de la molienda de los granos limpios y sanos, libres de granos, pudiendo o no contener pericarpio o envolturas celulósicas de acuerdo al cereal de que se trate (78).

### ***1.3.1.1 Harina de trigo.***

El trigo es el principal cereal utilizado para preparar harina, aunque una pequeña cantidad de harina se elabora a partir del centeno. Las proteínas de la harina de trigo son superiores para elaborar pan, pero nutricionalmente son incompletas (14).

La NOM define a la harina de trigo como a la obtenida de la molienda del trigo del grano maduro, entero, quebrado, sano y seco del género *Triticum*, L; de las especies *T. vulgare*, *T. aestivium* y *T. durum* o mezclas de éstas, limpio, sano en el que se elimina gran parte del salvado y germen y el resto se tritura hasta obtener una granulometría adecuada (78).

A través de las fases de la molienda del trigo se obtienen una serie de productos de características químicas diversas: harina, harinilla, residuos de harina, salvado, salvado fino y desechos de molienda (94).

En teoría es posible alcanzar el 85% de harina de 100 partes de trigo, pero en la práctica, tales valores, que llevan el nombre de rendimiento de molienda o grano de extracción es siempre inferior y se aproxima al 85% tanto más cuanto más intenso sea el proceso de molienda.

La preferencia de la harina de trigo para hacer pan esponjoso, es debido a las propiedades de su proteína, la cual, cuando la harina se amasa con agua, forma una sustancia elástica llamada gluten, esta propiedad se encuentra también, hasta cierto punto, en el centeno pero no en otros cereales (94).

### **1.3.1.2 Harina de centeno.**

El centeno (*Secale cereale*) es una gramínea y es otro cereal comercialmente disponible para la panificación ya que su proteína forma gluten al amasarse (91).

La NOM define como harina de centeno, al producto resultante de la molienda del grano de centeno; maduro, limpio, entero, sano y seco, de la especie *Secale cereale*; sin envolturas celulósicas (78).

Se muele de la misma forma que el trigo, pero la harina es mucho más oscura y posee sabor fuerte. Se utiliza para hacer un pan más bien denso y encuentra amplio uso en la fabricación del pan de centeno. La harina de centeno tiene un riqueza proteica de 6.7%, 1.3% de grasa y 15% de humead (15).

El centeno se somete al proceso de molienda de forma similar al trigo y debe tener menos de 8% de granos finos. Durante la limpieza se debe de tener cuidado del cornezuelo (*Claviceps purpurea*). El centeno esta más predispuesto a contener cornezuelo que otros cereales (14).

Se recomienda realizar la molienda después de un corto acondicionamiento de 6 horas hasta llegar a un contenido de humedad de 15%. Por regla general, los granos de centeno son blandos y la penetración del agua muy rápida.

En un molino de centeno, todos los rodillos son estriados, ya que en el de rodillos lisos el producto tiende a salir en escamas. A causa de su textura blanda, la harina de centeno cierne con dificultad y por ello necesita una superficie muy amplia. En las fábricas de harina de centeno no se utilizan purificadores.

Las masas de harina de centeno no tienen la capacidad de retener el gas, como en las masas de harina de trigo, por lo que, el pan de centeno elaborado completamente de centeno es muy denso (14).

La harina de centeno contiene grandes cantidades de pentosas si se compara con las harinas de otros cereales. Generalmente se toma la relación pentosas-almidón como el factor primordial responsable de la calidad de los productos molidos del centeno (14).

### ***1.3.1.3 Harina de avena.***

Este cereal, por ser también rico en proteínas tiene un buen valor nutritivo, pero no posee las características necesarias para la formación del gluten, por lo que su harina no es apta para la producción de pan. Sin embargo se utiliza en mezclas con otras harinas (68, 110).

La Norma Oficial Mexicana define a la harina de avena, como al producto resultante de la molienda del grano de avena; maduro, limpio, entero, sano y seco de la especie *Avena sativa*, L; y que además está libre de sus envolturas celulósicas (78)

La harina de avena destinada al consumo humano está exenta en partes, de semillas extrañas y es sometida a un secado preliminar, cocida y tostada; esta operación vuelve a la vaina muy frágil y produce el aroma agradable del copo de avena. Una característica de la harina de avena es la presencia de una antioxidante, por lo que se emplea con éxito para retardar el enrancimiento de los productos grasos, como por ejemplo la patata frita (89).

## **1.4 Proceso de obtención de harina de trigo.**

La eficiencia de la molienda de harina depende de la efectividad del acondicionamiento del cereal y también del flujo adecuado de materiales a través del molino. En el caso del trigo, cuando se ha acondicionado de forma adecuada, el grano endurecido y el germen se desprenden en trozos relativamente grandes y las partículas molidas del endospermo pueden separarse con facilidad de ellos (94, 86).

Los objetivos de la molienda son: el evitar la alteración de las cualidades del gluten, dañar lo menos posible los granos de almidón, extraer del trigo casi la totalidad de los elementos harinosos y separar del grano todo el salvado y el germen (68).

La medida porcentual de los productos obtenidos en la molturación son los siguientes:

Harina 75-78%

Harinas finas 2.5-3%

Salvado, salvados finos 20-22%

Deshechos de molienda 0.2-2%

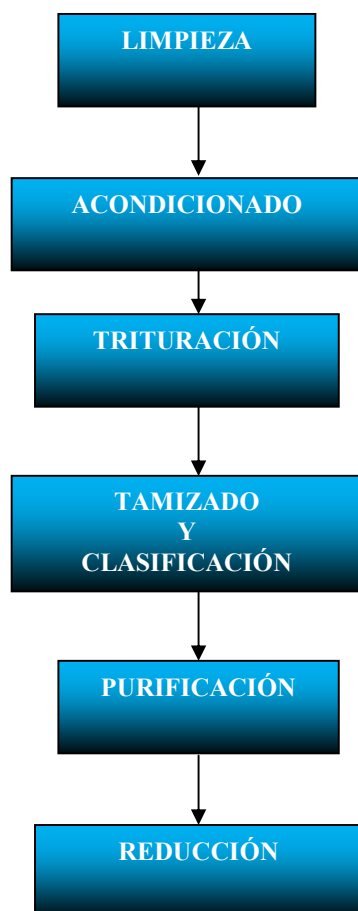
#### ***1.4.1 Proceso de molienda.***

Uno de los procesos del que más se tiene información es el de la molienda de trigo en donde se utilizan molinos de rodillos.

Los modernos sistemas de molienda con rodillos constan de dos partes. Los primeros pares de rodillos, llamados “quebrantadores” son corrugados y varios pares de rodillos giran en forma encontrada a diferentes velocidades (94).

El diagrama de bloques del proceso de molienda de trigo se muestra en la figura 1.3





**Figura 1.3** Diagrama de bloques general para molienda (94).

### *Limpieza.*

El grano es sometido a una serie de operaciones de cribado para eliminar las impurezas mayores y menores que el grano en cuestión. Se pasa por varios discos separadores que apartan otros cereales, como cebada y avena, así como otras impurezas con tamaño similar al grano pero con distinta forma (94).

En el caso de trigo éste es frotado y cepillado para eliminar la suciedad y el delgado pericarpio o glumas. Durante la operación el grano se somete a aspiración que arrastra las semillas y granos ligeros, las glumas y polvo.

Los materiales pesados, como piedras, que tienen un tamaño similar a los granos de trigo se apartan en una mesa de gravedad, mientras que los detectores de metales y los imanes separan los posibles elementos virutas metálicas.

Las máquinas mas utilizadas son la desbrasadora, la desbarbadora (elimina las barbas) y la descascaradora-escalificadora (94).

Cuando el grano viene del campo en relativas buenas condiciones, se pasa directamente a la etapa de limpieza, utilizando para ello las máquinas como la cribadora-ventiladora (50).

#### *Acondicionado.*

Hay un contenido de humedad óptima para la molturación y el tamizado que depende de la variedad del cereal, por termino medio corresponde de un 15 a 17% de agua. A esta humedad el salvado es duro y elástico y el endospermo blando y friable, lo que permite separar más fácilmente el uno del otro. El acondicionamiento se hace por secado o por humidificación (94).

#### *Trituración.*

Se entiende por trituración a la fragmentación del grano de tal forma que se realiza una separación de cada una de sus partes anatómicas. Esta operación se realiza con una serie de parejas de cilindros estriados, llamados rodillos trituradores, que giran en sentido opuestos con una velocidad de rotación del 2.5 a 1 (74, 94).

Corrientemente se disponen cuatro pares de rodillos trituradores, teniendo cada pareja estrías finas y una separación más pequeña de las estrías que la pareja precedente. Las protuberancias de los rodillos y la diferencia de velocidad confieren a estos una acción de cizalla cuyo objetivo es abrir los granos y extraer por raspado el endospermo del interior de la cáscara de salvado (94).

Después de pasar por la primer pareja de rodillos trituradores el producto es tamizado y la porción más grosera, constituida por los granos de cereal partido de los que se ha extraído escasa cantidad de endospermo, pasa a la segunda pareja de rodillos, donde procede a separar el endospermo; la mezcla que sale de estos rodillos se tamiza y la fracción es enviada a los terceros trituradores.

Se continua separando la cantidad de endospermo extraído y se continua separando por tamizado, el residuo pasa al cuarto par de cilindros para realizar la extracción final. El producto que resta después de haber realizada la última extracción se compone de copos de las capas externas del cereal que llevan adheridas pequeñas porciones de endospermo. Este producto es el salvado, al cual se le realiza una limpieza más en un tamiz de tambor (94).

#### *Tamizado y clasificación.*

Esta operación se realiza a los productos que abandona una pareja de rodillos trituradores. La finalidad de este tamizado es separar el producto en tres fracciones: partículas bastas, que son el remanente de los granos y de las que todavía se puede obtener endospermo; harina y partículas de granulometría intermedia, que son nódulos de endospermo y se conoce como sémola o medianos, según el tamaño de su partícula y pureza. (68, 94).

Normalmente se realiza en “plansifter” (cernidores o tamices), que se muestran en la figura 1.4, los cuales son grandes cajones con tamices que son vibrados vigorosamente (94).

Los tamices empleados en la fabricación de harina se hacen de tejido de alambre, seda o nylon: los de alambre se emplean generalmente en las primeras etapas de molturación, y los de seda y nylon en las restantes aunque también se pueden emplear los de alambre. El tamizado puede hacerse en cernidores planos o centrífugos (74).

*Purificación.*

La sémola y los medianos que se han separado de los diferentes productos molidos por medio del tamizado son tratados en unas máquinas conocidas como purificadores. Se componen de tamices sometidos a movimiento de vaivén encerrados en un recinto circulando a través de ellos una corriente de aire.

El efecto combinado de la aspiración y del movimiento de los tamices permite eliminar la mayor parte del salvado suelto que podría contaminar el producto, y a la vez mejorar su calidad en base al tamaño de partícula (94).

Este proceso tiene dos objetivos principales (74):

- A. Hace posible la reducción de harina de características uniformes mezclando adecuadamente las fracciones clasificadas por aire.
- B. Permite obtener de la harina original diferentes harinas de distintas propiedades adecuadas para la elaboración de distintos productos.

*Reducción.*

El objeto del sistema de reducción o compresión es moler las sémolas y semolinas purificadas para transformarlas en harinas. La acción de los cilindros de compresión consiste en pulverizar la sémola o semolinas hasta convertirlas en harina (50).

La sémola y los medianos pasan a unos cilindros lisos, conocidos como rodillos reductores, que giran a distintas velocidades en la relación 1.5 a 1, la separación de estos rodillos se gradúa para ajustarse a la granulometría del producto con que se alimenta (94).

La acción trituradora de los rodillos reductores hace disminuir el tamaño de los gránulos de endospermo, pasando algunos de ellos a la finura de una harina, a la vez que tiende a comprimir las partículas de salvado y de germen.

El producto que abandona este par de reductores es tamizado en “plansifter” con el objeto de separar la harina producida en los rodillos: se separa en dos fracciones: la más fina y pura de ellas pasa a uno de los rodillos siguientes, mientras que las más gruesas y con más salvado va aún más adelante en el sistema reductor (6, 94).

Una vez que el último rodillo de la serie ha realizado su trabajo la mayor parte del endospermo se ha transformado en harina y se han eliminado casi todos los fragmentos más gruesos del salvado los cuales son finamente molidos, por lo que no es posible separar de ella harina de buena calidad (94).

En la figura 1.4 se muestra de manera general el proceso de molienda del trigo desde la cosecha hasta la obtención de harina de trigo.

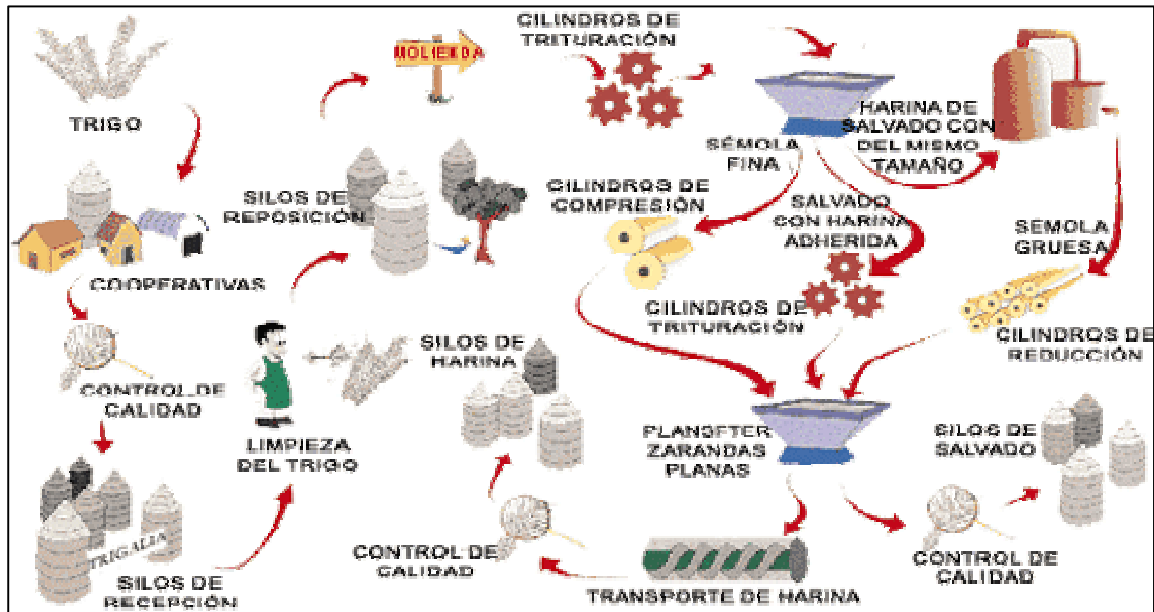


Figura 1.4 Proceso de molienda del trigo (45)

### 1.4.2 Grado de extracción.

El grado de extracción se define como el porcentaje de harina obtenido, es decir como la cantidad de harina que se obtiene a partir de 100 gramos de trigo. Cuanto mas elevada es el grado de extracción más impura es la harina debido a la presencia minerales. Estos minerales se concentran en el germen (5.3%) y en el salvado (4.7%), mientras que en el endospermo que es almidón casi puro tiene poco concentración de minerales (0.32%) (21).

$$\% \text{ Extracción} = \frac{\text{Peso harina} \times 100}{\text{Peso grano}}$$

La extracción puede basarse en:

1. Cereal sucio de entrada a los silos.
2. Cereal limpio dispuesto para primera molienda.
3. Producto final total incluyendo impureza.
4. Producto final sin impurezas.

La harina del endospermo representa en torno al 70% del peso en grano; por eso se habla de una proporción de extracción del 70% (15, 94).

Es posible conseguir harinas correspondientes a una mayor fracción del grano. Es lo que se hace en la preparación de panes completos y para la alimentación animal.

Con una proporción de extracción del 85%, se eliminan especialmente las capas externas del grano, mientras que con una proporción del 70% se elimina la mayor parte del germen.

La harina del endospermo contiene la totalidad del almidón y una gran parte de las proteínas del grano, en particular las glutelinas y las prolaminas. Sin embargo, la preparación de esta harina presupone una pérdida considerable de elementos nutritivos, especialmente sales minerales y vitaminas.

La eliminación de las proteínas de las capas externas del grano (capa de aleurona), también provoca un descenso de las proporciones de lisina y de triptófano, Sus efectos nutricionales pueden ser dramáticos en los países donde los cereales constituyen la base de la alimentación y deberían compensarse con un enriquecimiento de las harinas en tiamina, riboflavina, niacina y hierro (74).

Las razones por las que se obtienen harinas del endospermo son las siguientes (21):

- I. Las fibras celulósicas de los tegumentos resultan indigestas para el hombre y pueden provocar molestias intestinales y reducir la digestibilidad de otros alimentos; también es deseable la eliminación del ácido fítico.
- II. Los lípidos del germen son hidrolizables y oxidables y disminuyen la estabilidad de las harinas durante el almacenamientos (se debe a que el triturado de los granos pone en íntimo contacto las enzimas y su sustrato).
- III. La harina con cifra de baja extracción, presenta mejores características organolépticas (aspecto mas blanco) y funcionales (pastas panaderas). No obstante, la ventaja referente al color es muy subjetiva.

En el cuadro 1.4 se muestra el grado de extracción de diversas harinas respecto a la materia del grano seco.

**Cuadro 1.4** Grado de extracción de harinas.

<b>Harina</b>	<b>Grado de extracción (%)</b>	<b>Cenizas (%)</b>
Harina integral	100	1.8
Harina purísima (harina patente)	55	0.45
Harina blanca normal	75	0.6

*Fuente:* [www.mercasa/trigo.pdf](http://www.mercasa/trigo.pdf)



### *1.4.3 Calidad de las harinas.*

Se puede definir la calidad de una harina, como su capacidad para dar un producto final de excelentes características funcionales y organolépticas como el sabor y el olor, de buen valor nutritivo y de costo competitivo.

La calidad de una harina viene determinada por la cantidad de salvado molido que la acompaña, ya que estas envolturas celulósicas tienen un contenido de cenizas de cerca treinta veces mayor que la del endospermo purificado, la calidad está relacionada con el contenido de cenizas (95).

Los factores que influyen en la calidad están en gran parte ligados a los componentes genéticos de las diversas variedades y a su eventual variación, debidas a la fertilización, al clima, y a las infecciones de la planta. La calidad tecnológica de la harina depende no sólo de la composición en aminoácidos del gluten, sino también de la presencia de aminoácidos sulfurados que contiene grupos tiol (-SH) o disulfuros (-S-S). La rápida reacción del yoduro de potasio con los grupos sulfhídricos se utiliza para determinar la reactividad de estos últimos en las masas de harina y agua.

Con relación al contenido proteico y a la propiedad tecnológica de los diversos tipos de harina, en general, existe una relación inversa entre el número de puentes disulfuros y la cantidad de proteína: los datos obtenidos por gramo de proteína muestran que el trigo blando debe contener una mayor cantidad de grupos disulfuros respectos al trigo duro (91).

Estos resultados suministran unas indicaciones interesantes sobre la diferencia de calidad de harina porque los grupos -S-S están unidos a varias cadenas polipeptídicas de las proteínas: la estructura de esta última sufre después variaciones en relación al número de uniones (91).

Con relación a la masa, las uniones parecen ser muy importantes por cuanto protegen a la propiedad reológica. Para definir el papel de los diferentes tipos de grupos tiol y disulfuros se han efectuado determinaciones sobre estratos acuosos de harina de diferentes fuerzas de masa: los resultados han demostrado que ambos grupos reactivos tiol o disulfuros, aumentan la fuerza, mientras los grupos sulfhídricos totales disminuyen la fuerza (90, 89).

#### ***1.4.4 Clasificación de las harinas.***

En México de acuerdo a la norma *NMX-FF-036-1996-SCFI* las harinas se clasifican en tres grados dependiendo del análisis químico proximal (78). En el cuadro 1.5 se menciona la clasificación de las harinas según este análisis.

**Cuadro 1.5** Clasificación de harinas.

	<b>% HUMEDAD</b>	<b>% PROTEÍNA</b>	<b>% CENIZAS</b>	<b>% FIBRA</b>	<b>% GLUTEN HUMEDO</b>
GRADO I	14.0	9.5	0.55 MAX.	0.2-0.4	31.3
GRADO II	14.0	9.0	0.4 A 1.0	0.2-0.6	29.7
GRADO III	14.0	9.0	0.6 MAX.	0,3 MAX.	29.7

*Fuente: NMX-FF-036-1996-SCFI*

La harina de **grado I** es del tipo fina para panificación, adicionada o no de levadura, agentes leudantes y sal. Tiene tres grados de calidad que son: común o estándar, fina y extrafina (78).

La de **grado II** es del tipo semi fina y esta destinada a galletería, acondicionada o no de levadura, agentes leudantes, azúcar, mantequilla, grasa vegetal comestible u otros ingredientes permitidos en su elaboración (78).

La de **grado III** es utilizada para la elaboración de pastas y sopas y que igual forma se formula con otros ingredientes (78).

Con respecto a sus propiedades sensoriales, debe ser blanca o ligeramente amarilla, con olor característico, sin residuos extraños. Su sabor, característico del producto farináceo y sin cúmulos extraños o desagradables (78, 69).

#### ***1.4.5 Harinas especiales.***

Aunque en la norma no se menciona a las harinas especiales, si define a las harinas de cereales como al producto resultante de la molienda de los granos limpios y sanos, señalado en la norma NOM-147-SSA-1996, libre de granos, pudiendo o no contener pericarpio o envolturas celulósicas de acuerdo al cereal que se trate (78).

#### ***Harina integral.***

La NOM la define como el producto obtenido de la molienda del grano de cereal conservando su cáscara y germen (78).

Se fabrica a partir del grano entero de trigo (maduro, sano y seco), sin ningún proceso de refinación, (con un grado de extracción del 100%) por lo que este producto además de almidón (harina blanca), contiene cáscara (salvado) y germen de trigo, los cuales aportan una cantidad importante de fibra, minerales, ácidos grasos esenciales, y vitaminas liposolubles tales como vitamina E ( 57, 38).

Contiene un alto porcentaje de fibra lo que permite mejorar la digestión. Este tipo de harina es el empleado en la elaboración del pan negro (27).

***Harina desgerminada.***

Producto resultante de la molturación del grano de trigo (maduro, sano y seco), al que únicamente se le ha eliminado el germen (78, 38).

Es harina gruesa, no fina, que a veces incluso contiene pedacitos de grano; el germen al ser extraído da la propiedad de suavidad en la masa. Quitando el germen se evita el problema y la conservación se amplía; por eso se desarrolló la industria refinadora (60).

***Harina mezclada.***

La NOM la define como la harina que resulta de mezclar harinas de distintos cereales. La mezcla influye, además, en la textura del pan que se desee. Asimismo, facilita el trabajo del panadero, además de que ahorra aditivos y evita problemas durante la panificación (78, 26).

Ejemplos de harinas mezcladas son la Granary, cuya marca registrada presenta una mezcla de harina morena, de centeno, y de trigo malteada. La harina malteada da al pan su característico sabor dulce, su aroma y su textura ligeramente pegajosa, otro ejemplo es la mezcla de maíz y arroz para las personas con intolerancia al gluten. El gluten es el responsable de esta intolerancia y más concretamente una de sus fracciones, las denominadas prolaminas. En cambio, otras prolaminas no producen dicho efecto y son la zeína y la orizenina presentes en el maíz y en el arroz respectivamente. Estos dos cereales son por tanto los que se emplean para la elaboración de pan apto para personas con celiaquía (32, 47).

***Harina acondicionada.***

Son harinas cuyas características organolépticas, plásticas y fermentativas se modifican y complementan para mejorarlas mediante tratamientos físicos o adición de productos debidamente autorizados. Esta debe llevar en su etiqueta la denominación, fecha de envase y la referencia numérica de autorización. Toda harina de trigo posee hasta un 30 % tolerante en sustitución con otro tipo de harinas (52, 37, 42 56).

En el cuadro 1.6 se enlistan algunos acondicionadores de masa.

**Cuadro 1.6** Ingredientes utilizados como acondicionadores de masa en panificación.

<b>Acondicionador</b>	<b>Función</b>	<b>Consideraciones</b>
Cloruro de amonio	Nutriente de levadura	Fuente de nitrógeno
Carbonato de calcio	Regulador de pH	Eleva el pH
Acido ascórbico	Agente oxidante	Oxidante intermedio
L – cisteína	Agente Reductor	Agente químico reductor
Proteasa	Enzima	Incrementa extencibilidad
Carbohidrasa	Enzima	Eleva la frescura
Harina de soya enzimáticamente activa	Enzima	Blanqueamiento de la miga por la lipoxidasa
Lecitina	Emulsificante	Suavizante natural
Mono y diglicéridos	Emulsificante	Suavizante

**Fuente:** <http://www.monografias.com/trabajos16/bromato-potasio/bromato-potasio.shtml#harin>

***Harina enriquecida.***

Son harinas a las que se le han añadido alguna sustancia (proteína, vitaminas, minerales ácidos grasos esenciales), que eleve su valor nutritivo, con el fin de transferir esta cualidad a los productos con ella elaborados. (78, 40, 105).

**1.5 Tratamientos post molienda.**

La harina, después de la molturación, no presenta buenas características de panificación, ya que antes de su empleo requiere de un periodo de reposo o maduración. El pan elaborado con harina recién molida es inferior en volumen, estructura y porosidad, al pan hecho con la misma harina después de un adecuado periodo de conservación (15).

Se han estudiado los cambios que sufre la harina durante la conservación a lo largo de un periodo de 18 meses, el resultado fue, que durante la conservación, hasta un cierto punto, se mejora la calidad panificable si bien a veces puede presentarse una disminución de la calidad por la presencia de insectos y formación de mohos. Muestras de harina se han conservado durante dos años evidenciado tres tipos de cambios:

1. Disminución de la solubilidad de las proteínas.
2. Hidrólisis parcial de proteínas puestas en evidencia por la reducción del contenido de proteínas y del aumento del nitrógeno amínico.
3. Disminución en digestibilidad de las proteínas.

A la harina se le aplican varios tratamientos para mejorar algunas propiedades en particular. Se agregan diversos materiales para aumentar sus características de horneado. En el molino se mezclan a la harina algunos aditivos como agentes, de maduración, blanqueadores, ingredientes para levantar, etc. (15, 82).

### **1.5.1 Blanqueo.**

Se le llama así al proceso de eliminación del color natural de la harina, mediante tratamientos químicos. El color amarillento de la harina sin blanquear se debe a la presencia de pequeñas cantidades de un pigmento llamado caroteno, a partir del cual se sintetiza la vitamina A. muchos consumidores, a pesar de todo prefieren que la harina tenga el menor color posible (27).

La decoloración de los pigmentos naturales contenidos en el endospermo del cereal tiene lugar rápidamente por oxidación cuando la harina se expone directamente a la atmósfera, y más lentamente cuando se almacenan en grandes cantidades (74).

El proceso de blanqueo se puede acelerar tratándola con sustancias químicas, como dióxido de cloro y peróxido de benzoilo; estas sustancias aceleran la oxidación de los pigmentos (carotenoides) transformándolos en compuestos incoloros (6).

Las sustancias que se emplean principalmente son:

#### **(a) Dióxido de cloro.**

Es uno de los blanqueadores y mejoradores más empleado. El tratamiento con este compuesto destruye los tocoferoles. El gas se produce pasando cloro a través de una solución acuosa de clorito sódico, luego se pasa corriente de aire por esta solución con la que se desprende el dióxido de cloro que se aplica en la harina a una dosis de 2 gramos por saco (74, 27).

**(b) Peróxido de benzoilo.**

Compuesto sólido que se suministra mezclando una parte de éste, con seis de almidón. La acción blanqueadora tiene lugar dentro de las 48 horas siguientes. Tiene la ventaja de que solo se necesita una adición y que su almacenamiento y conservación no presenta peligro (74).

Estas sustancias se utilizan con dos objetivos: para blanquear la harina, al destruir los carotenoides presentes, y para mejorar sus propiedades en el amasado de la harina, al modificar la estructura del gluten. Los fenómenos implicados, oxidaciones en ambos casos, son semejantes a los que producen de forma natural cuando se deja envejecer la harina, por lo que también se le llaman a veces “envejecedores de la harina” o “mejorantes panarios” (13).

***1.5.2 Mejorantes.***

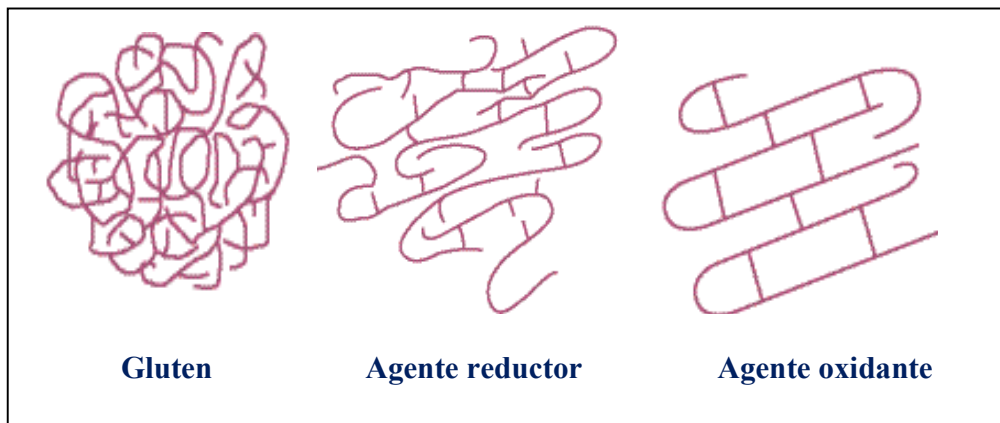
Es la acción que sufre la harina durante el almacenamiento y que se traduce en el mejoramiento de las propiedades panaderas. Los mejorantes intentan dar ayuda al pan facilitando el trabajo, recortando el tiempo de fabricación y asegurando una calidad final óptima (74, 12).

Los mejorantes son combinación de cinco familia de ingredientes: los ***agentes oxidantes*** y los ***agentes reductores*** del gluten, las enzimas, los emulsificantes y los ingredientes diversos con efectos específicos. Todos estos componentes deben estar cuidadosamente balanceados para ofrecer una eficacia óptima y también estar diluidos en harina para facilitar su utilización con los demás ingredientes en el amasado (20).



El mejorante va actuar a lo largo de la panificación, desde los primeros instantes del amasado hasta el horneado del pan. Esquemáticamente, el gluten se presenta inicialmente en forma de ovillos de filamentos entrecruzados. Es frágil y poroso. Bajo la acción mecánica del amasado, estos ovillos se desenrollan y se reorganizan en una malla estructurada hasta formar un tejido visco elástico, impermeable y extensible (20).

En la figura 1.5 se muestra el efecto de los agentes oxidantes y reductores en el gluten.



**Figura 1.5** Función oxido-reducción en el gluten (20).

El *agente oxidante* del gluten, forma enlaces entre las proteínas volviéndose más impermeable al gas. Cuanto más oxidante más enlaces se forman y por tanto mas tenaz será la masa. Se observa una disminución de la extensibilidad del gluten y un aumento de su resistencia elástica (20).

El resultado global será un mejor comportamiento de las masas, lo que permitirá su trabajo mecánico, un aumento de retención de gas y un mayor crecimiento en el horno. En resumen oxigena la masa y fortalece el gluten. (20, 10)

Un *agente reductor* del gluten tiene un efecto complementario. Desenrolla los filamentos que se encuentran en ovillo y acelera el aislado de la masa. La disminución de la duración del amasado tiene como consecuencia preservar el potencial aromático de la fermentación.

La acción de los reductores es especialmente apreciable cuando el gluten de la harina es corto. Facilita el alargamiento en el formado y suprime el fenómeno de retracción. El mejor reductor es la levadura inactiva (20).

Los mejorantes intentan dar ayuda al pan facilitando el trabajo, recortando tiempo de fabricación y asegurando una calidad final óptima. Mejoran el comportamiento de la masa desde el punto de vista físico (adaptación a los equipos, maquinabilidad), fermentativo (regulación de fermentación), y térmico (desarrollo en el horno). El mejorante aporta tolerancia a la masa para facilitar y garantizar el trabajo del panadero. A nivel de producto final mejora la calidad del pan en lo que respecta a textura de la miga, color y aspecto de la corteza, volumen, conservación y sabor (74, 12, 20).

Pero no todo es ventajoso, ya que dosis elevadas del mismo, eliminara parte del sabor característico del pan y en ciertos momentos cambia la forma de la masa que puede ser tenaz (12).

Los mejorantes se caracterizan por (20):

- ✚ Producir suavidad a las masas facilitando su trabajo en las máquinas de la panadería.
- ✚ Suavizar la miga dando textura más uniforme.
- ✚ Facilitar mayor volumen en el producto final.
- ✚ Ayudar a tener mayor retención de gas.
- ✚ Ser reforzadores de la masa actuando sobre las moléculas de gluten.

En la figura 1.6 se muestra el efecto de los mejorantes en masa, teniendo como resultado mayor retención de gas.

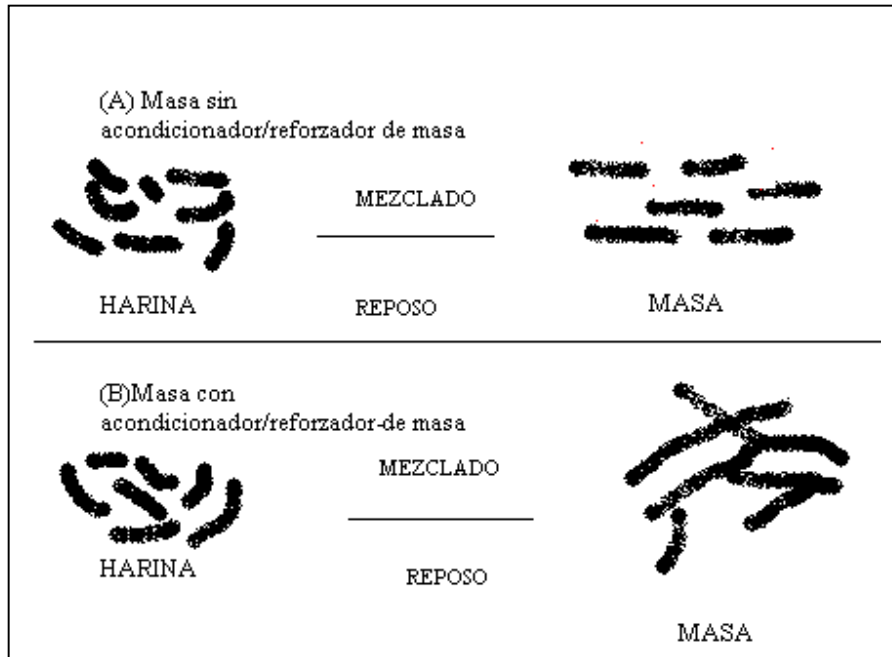


Figura 1.6 Efecto en la estructura de la masa por empleo de mejorantes (12).

### Clasificación de los mejorantes.

#### (a) Emulgentes.

##### *Monoglicéridos de ácidos grasos.*

Su función principal es ser un emulgente para la elaboración del pan con una dosis máxima de 3 gramos por kilo. Su característica principal es facilitar la mezcla de los distintos ingredientes de la masa y la acondiciona, permitiéndola soportar procesos mecanizados.

Pero quizás su valor más importante es evitar la retrogradación del almidón, su efecto es aplicado directamente sobre el almidón retrasando endurecimiento del pan (12).

### ***Mono y di glicéridos de ácidos grasos esterificados.***

Suaviza la masa protegiéndola de tratamientos bruscos, ayuda a estabilizar el gluten y alarga la tolerancia de la masa para fermentaciones largas. Su función vital es evitar en lo posible la retrogradación del almidón, facilitando una corteza fina y panes de mayor volumen con greñas abiertas.

No obstante, la utilización de cualquiera de los mejorantes mencionados si su concentración es muy alta, realiza un efecto contradictorio, que es producir panes de excesivo volumen, y con tendencia al descascarillado y desecamiento con rapidez en el pan cocido (12).

### ***Lecitina de soya.***

Quizás sea el emulsificante más conocido de todos. Es el único que tiene al 100% origen natural, y se obtiene al extraer el agua de aceite del frijol soya. Es utilizado como agente humectante, dispersante, lubricante, modificador de viscosidad (12, 93).

Su aplicación se enfoca a procesos tradicionales y debido a su gran concentración de fosfolípidos, ayuda a la masa dándole extensibilidad y facilita la absorción del agua y al fijar oxígeno conserva el tono crema de la masa. Con su utilidad se dan panes de buen volumen, este efecto es notable cuando la masa es expuesta a un prolongado tiempo durante la segunda fermentación. Retrasa el endurecimiento del pan y no le resta sabor. Es aconsejable siempre mezclarlo con otros principios activos (109, 12).

***Ester monoglicérido del ácido diacetil tartárico.***

Se obtiene a partir de grasas comerciales refinadas y se produce por la reacción al destilar monoglicéridos con el anhídrido de ácido diacetil tartárico (12)

Su forma física es polvo fino en escamas o líquido, aunque la forma más usual de su uso en la industria panadera es polvo mezclado con un 20% de carbonato cálcico que actúa como antiapelmazante para que de esta forma no se aglutine ni se apelmace, conteniendo por lo tanto un 80% de pureza (25. 12). En el cuadro 1.7 se describe de forma general la función de los emulgentes tanto en la masa como en el producto.

**Cuadro 1.7** Función de los emulgentes.

<b>En la masa</b>	<b>En el producto</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mejora la tolerancia durante el amasado.</li> <li>▪ Incrementa absorción de agua.</li> <li>▪ Aumenta la extensibilidad.</li> <li>▪ Mejora la mecanización de las masas.</li> <li>▪ Mejora la retención del gas durante la fermentación.</li> <li>▪ Aumenta la capacidad de firmeza de la masa durante la fermentación, siendo resistente a los golpes en los sistemas de transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumenta el volumen del pan.</li> <li>▪ Reduce la estructura de la miga.</li> <li>▪ Corteza más fina.</li> <li>▪ Mejora la conservación.</li> </ul>

*Fuente: Calaveras, 2004*

*(b) Complementos panarios.*

*Ácido L-ascórbico.*

Su función principal es reforzar las cadenas de gluten, actuando como oxidante de las proteínas de la harina ayudando así a interrelacionarse entre sí. Evita la pérdida de CO<sub>2</sub>, facilita la absorción de agua y permite reducir tiempos de reposo en la harina que normalmente son de 15 días para obtener un estado correcto en las mismas (25).

Actúa de 2 formas en la masa, como oxidante y como reductor. Durante el amasado y en presencia de oxígeno, el ácido ascórbico agregado es oxidado y se transforma en ácido deshidroascórbico debido a la acción de la enzima oxidas. Esto provoca la oxidación del gluten, aumentando la cantidad de gluten formado y, al mismo tiempo el blanqueado de la masa (39).

Esta acción oxidante por parte del ácido ascórbico ocurre durante el amasado y durante la fase de fermentación. La reducción se produce en los primeros minutos de la cocción por medio de la cual se liberan algunos de los enlaces de las proteínas, asegurando una mayor expansión en el horno. (39)

*Ortofosfato monocálcio.*

Su poder de oxidación es más bajo que el ácido ascórbico y no es tan utilizado. No obstante su aparición en muchos mejorantes es debido al aumento de volumen que produce en los panes aguantando su gasificación en fermentaciones largas (12).

***Fosfato monocalcico.***

Es un principio activo que se incluye en los mejorantes para paliar los efectos de la degradación proteolítica en harinas. Trabaja como regulador de pH del producto horneado a través de la capacidad buffer de las sales resultantes de la reacción de fermentación (12, 39).

En la panificación dos son las funciones más importantes. Inhibir el efecto de las proteasas sobre el gluten e incrementar ligeramente la fuerza de las harinas (12).

En el cuadro 1.8 se describen la función de los complementos panarios en la panificación.

**Cuadro 1.8** Función de los complementos panarios.

<b>En la masa</b>	<b>En el producto</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Reduce el tiempo de amasado.</li><li>▪ Aumenta la absorción de agua.</li><li>▪ Refuerza el gluten.</li><li>▪ Aumenta la fuerza y la tenacidad.</li><li>▪ Aumenta la tolerancia durante la fermentación.</li><li>▪ Acelera la fermentación.</li><li>▪ Incrementa el volumen de la masa.</li><li>▪ Blanquea la masa.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Miga mas blanda.</li><li>▪ Mayor volumen del pan.</li><li>▪ Disminuye el sabor del pan.</li></ul>

**Fuente:** Calaveras, 2004.

*(c) Coadyuvantes de fermentación.*

Se refiere a las amilasas fúngicas, proteasas, pentosanasas y gluco-oxidasas. En la panificación las que se utilizan dentro de los mejorantes son la  $\alpha$ -amilasas y la hemicelulasa (106).

1.  $\alpha$ -amilasa. Su función principal es de degradar el almidón progresivamente, facilitando azúcares simples como alimento de las levaduras. Ayudan a regular la velocidad de fermentación y facilitan color al pan.
2. Hemicelulasa. Su función es facilitar el amasado dando extensibilidad a la masa y facilita el desarrollo del pan en el horno.

Alteran el greñado dando una greña nítida y facilita el color dorado tan buscado en algunos panes (12).

*(d) Mejorantes con valor nutritivo.*

*Harina de soya.*

Para su uso en la industria de la panificación se requiere de harinas con proteínas no desnaturalizadas para la formación de la masa. Su alto contenido en lecitina proporciona un efecto emulsionante y aunque se le determina para añadir el valor nutritivo, por su alto contenido en grasa produce un efecto apelmazante y es éste principalmente su sentido dentro de los aditivos, evitando que se produzca polvo al añadir el mejorante en la amasadora (5, 84).



A continuación se mencionan algunos de los efectos que causa en la masa el uso de harina de soya.

- ✚ Extiende parcial o totalmente la leche o el huevo de la formulación.
- ✚ Produce una mayor absorción de agua, lo cual aumenta el rendimiento y mejora el manejo de la masa.
- ✚ Mejora la retención de humedad durante el horneado.
- ✚ Prolonga la frescura y estabilidad durante el almacenamiento.
- ✚ Mejora el manejo mecánico.
- ✚ Mejora la suavidad del pastel, la estructura y la textura de la miga.
- ✚ Retarda la absorción de grasa en las donas.
- ✚ Blanqueamiento del pan a niveles de adición del 0,5 %.
- ✚ Aumenta la calidad y cantidad de las proteínas en los productos de panificación.

También ayuda a la emulsión de la masa y blanquea sensiblemente la masa eliminándose por sus enzimas características algunos beta-carotenos. Aunque sus dosis son pequeñas, la utilización de la misma en grandes cantidades altera el sabor del pan típico (12, 84).

### ***Harinas de maltas.***

Empleadas como colorantes y mejorantes para productos de panificación, bollería y cereales para desayuno (55).

Su concentración en  $\alpha$ -amilasa es elevada, no obstante se prefiere utilizar la enzima propiamente, ya que la calidad y efecto de las enzimas de la harina son muy variables y hay que tener un control (106).

A veces se usa tostada, donde se ha eliminado la función amilásica pero se ha buscado efecto positivo sobre el sabor del pan y color e la miga. Normalmente se aplica en panes especiales y poco en mejorantes (12).

***(e) Conservadores.***

Su función es mantener más tiempo el pan en óptimas condiciones (12).

***Ácido sórbico.***

Es el conservante más utilizado por la industria alimentaria. La razón principal es su falta de toxicidad, además de que su uso no aporta sabores ni aromas extraños al alimento (13).

Metabólicamente el ácido sórbico se comporta en el organismo como los demás ácidos grasos, es decir, se absorbe y se utiliza como una fuente de energía.

Deben mantenerse en lugares secos y protegerse de la luz. Se recomienda en dosis de 2 gramos por kilo. Es un polvo blanco, sin olor y poco saludable en agua, de sabor débilmente ácido. Se caracteriza por ser inocuo para personas y animales por ser muy activo contra numerosos microorganismos y sin alterar olor y sabor del pan (13).

Su aplicación es directa contra los hongos y enmohecimientos del pan, conservando en buen estado el producto incluso con elevados márgenes de pH, aunque su acción es muy eficaz en pH de 5. Su utilización en exceso puede dificultar la fermentación panaria ya que inhibe levaduras (12).

***Sorbato potásico.***

Es un polvo blanco prácticamente inodoro que se diferencia del anterior por su fácil solubilidad en el agua. Su eficiencia es similar al ácido sórbico ya que es liberado como componente conservante al incorporarlo con la masa (12).

***Acido benzoico.***

El ácido benzoico es un conservante activo en medio ácido, generalmente por debajo de pH 5, y en algunas especies solamente por debajo de pH 4. Es útil contra bacterias, mohos y levaduras, especialmente contra levaduras.

Llega a inhibir el crecimiento de algunas especies con concentraciones de solamente 0.01%, pero generalmente son necesarias concentraciones superiores. Actúa inhibiendo el metabolismo del acetato y la fosforilización oxidativa (13).

Es un conservante barato, su principal inconveniente es que presenta una cierta toxicidad, por lo que se utiliza cada vez menos, y solamente en productos de consumo ocasional (13).

Los conservadores permitidos por la NOM-147-SSA1-1996 son:

- ✚ Acido benzoico y sus sales de sodio.
- ✚ Acido propiónico y sus sales de sodio o calcio.
- ✚ Diacetato de sodio
- ✚ Propil parabeno.

Cuando se utilicen mezclas de conservadores la suma de éstos no deberá exceder el límite máximo del conservador de mayor concentración (78).

***(f) Antiapelmazantes.***

Los antiapelmazantes evitan el "aterrozamiento" de los productos en polvo, debido a la humedad del propio producto o del ambiente. El más utilizado es el carbonato cálcico (62).

***Carbonato cálcico.***

Este principio activo ayuda a dar flexibilidad al pan y bollos, manteniéndolos más tiempo tiernos. Tiene un efecto de esponjamiento (12).

***(g) Colorantes.***

***Caramelo.***

Con el fin de dar tonos oscuros, su aplicación se puede realizar en panificación pero exclusivamente en pan de centeno (12).

Los colorantes permitidos por la NOM-147-SSA1-1996 son (78):

- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| ✚ Annato.                                      | ✚ Riboflavina.                     |
| ✚ Beta-apo 8'carotenal.                        | ✚ Azul No. 1100.                   |
| ✚ Caramelo.                                    | ✚ Azul No. 2300.                   |
| ✚ Beta-carotenos.                              | ✚ Amarillo No. 5100.               |
| ✚ Cúrcuma.                                     | ✚ Amarillo No. 6300.               |
| ✚ Extractos de vegetales y frutas.             | ✚ Rojo No. 3 (eritrosina).         |
| ✚ Extracto de paprika u oleoresina de paprika. | ✚ Rojo No. 40 (rojo allura).       |
| ✚ Jugos de frutas.                             | ✚ Verde No. 3 (verde firme F.C.F). |
| ✚ Jugos de vegetales.                          | ✚ Dióxido de titanio.              |

**(h) Reguladores de pH.**

Estos ácidos se añaden en la masa con el fin de regular su pH e inhibir la actividad del *Bacillus subtilis* o *B. mesentéricus*, responsable del pan filamentoso.

Estos son: acetato potásico, ácido cálcico, ácido láctico, lactato potásico, lactato cálcico, ácido cítrico, citrato potásico, citrato cálcico y el vinagre de origen vínico (51).

Los reguladores de pH permitidos por la NOM-147-SSA1-1996 son:

- |                         |                                 |
|-------------------------|---------------------------------|
| ✚ Acetato de sodio.     | ✚ Fosfato de sodio dibásico.    |
| ✚ Acido cítrico.        | ✚ Fosfato de sodio tribásico.   |
| ✚ Acido málico.         | ✚ Fosfato de calcio monobásico. |
| ✚ D-L-ácido tartárico.  | ✚ Fosfato de calcio dibásico.   |
| ✚ Carbonato cálcico.    | ✚ Fosfato de calcio tribásico.  |
| ✚ Citrato de sodio.     | ✚ Pirofosfato de calcio.        |
| ✚ Bicarbonato de sodio. |                                 |

La cantidad máxima de uso como reguladores de acidez, será independiente de la cantidad utilizada como aporte de calcio (78).

**(i) Gasificantes.**

Son productos que contienen un elemento ácido como es cítrico y tartárico, y otro elemento alcalino como carbonato amónico o bicarbonato sódico. Su función principal al generar gas, es aumentar el volumen de la pieza antes de terminar la cocción con la desnaturalización de las proteínas (12, 51).

Los reguladores de gasificantes permitidos por la NOM-147-SSA1-1996 son (68):

- |   |                         |   |                                    |
|---|-------------------------|---|------------------------------------|
| ✚ | Acido tartárico.        | ✚ | Fosfato monobásico de calcio.      |
| ✚ | Bicarbonato de amonio.  | ✚ | Pirofosfato ácido de sodio.        |
| ✚ | Bicarbonato de potasio. | ✚ | Sulfato doble de aluminio y sodio. |
| ✚ | Bicarbonato de sodio.   | ✚ | Tartrato ácido de potasio.         |

### ***(j) Excipientes.***

Son la cantidad de producto para mezclar todos los demás principios activos y normalmente son mayoría en su concentración (12).

### ***(k) Estabilizantes, emulgentes, espesantes y gelificantes.***

Su aplicación es para facilitar un estado de gelificación sobre la masa cuando sobre pasa una temperatura superior a los 59°C en el horno, ayudando a la gelificación de los almidones que según origen en la harina gelifican antes o después (51).

Los gelificantes, espesantes, estabilizantes y emulgentes permitidos por la NOM-147-SSA1-1996 son (69):

- |   |                                   |   |                             |
|---|-----------------------------------|---|-----------------------------|
| ✚ | Almidón modificado.               | ✚ | Grenetina.                  |
| ✚ | Carboximetilcelulosa.             | ✚ | Lecitina.                   |
| ✚ | Goma guar.                        | ✚ | Hidroxipropilmetilcelulosa. |
| ✚ | Goma xantana.                     | ✚ | Alginato de calcio.         |
| ✚ | Goma arábica.                     | ✚ | Monoestearato de glicerilo. |
| ✚ | Esteres de poliglicerol.          |   |                             |
| ✚ | Mono y diglicéridos de ác. grasos |   |                             |

***(1) Desmoldeadores.***

Su aplicación práctica es permitir la correcta separación de los panes de las chapas o moldes después de cocidos. Se utilizan sobre los fondos de latas y no condicionan el sabor final del pan (12, 51).

En la figura 1.7 se describe la acción de los mejorantes en algunas etapas de panificación.

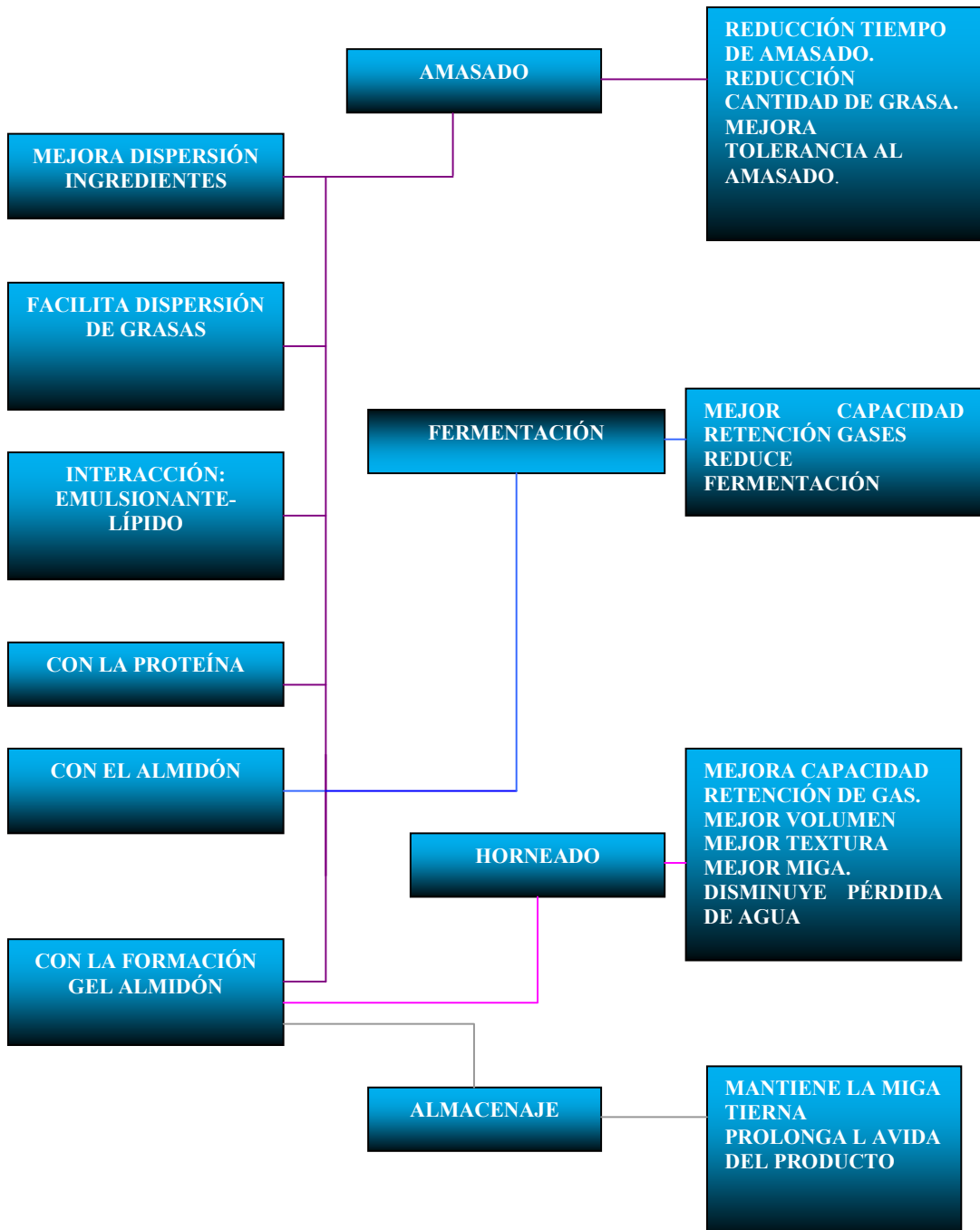


Figura 1.7 Efecto directo de los mejorantes en las etapas de panificación (12).



### *1.5.3 Enzimas.*

La adición de enzimas ha sido una práctica común para mejorar la calidad de los productos obtenidos en el proceso de panificación. Al adicionar enzimas es necesario suministrar azúcares fermentables tales como dextrosa (glucosa) o sacarosa.

Una de las mayores ventajas es el sabor impartido por los productos intermedios tales como el alcohol y aldehídos, así como limitar la modificación del almidón e incrementar el volumen del pan por la generación de dióxido de carbono (6).

Las enzimas se emplean para mejorar las propiedades reológicas (tenacidad, extensibilidad, elasticidad y fuerza) y fermentativas de las masas. Durante el amasado y la fermentación de la masa, el papel de las enzimas es muy importante, ya que condicionan la calidad, características y conservación del producto final (106).

Éstas actúan sobre los distintos polisacáridos, lípidos y proteínas de la harina de trigo durante el proceso de amasado y fermentación, hasta su desnaturalización térmica durante la cocción en el horno (106).

Cada enzima tiene una función específica las cuales se mencionan en el cuadro 1.9

**Cuadro 1.9** Función de enzimas en harina y masa

<b>Enzima</b>	<b>Función</b>
Amilasas fungales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentan capacidad fermentativa de la harina.</li> <li>• Aumentan volumen del pan en procesos cortos de fermentación (raramente se usan para procesos largos).</li> </ul>
Amilasas bacterianas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producen azúcares cortos que ayudan a retardar cristalización del almidón luego del horneado.</li> <li>• Son muy eficientes para aumentar vida útil del pan envasado.</li> </ul>
Hemicelulasas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relajan la masa y permiten lograr panes de mayor volumen específico.</li> <li>• Modifican color de corteza y textura de miga.</li> </ul>
Pentosanasas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentan la extensibilidad de la masa.</li> <li>• Mucha influencia sobre figura alveográfica de la harina.</li> <li>• Usadas por molinos harineros para corregir defectos de molienda.</li> </ul>
Glucosaoxidasa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efecto beneficioso sobre estabilidad de la harina durante procesos largos de panificación.</li> </ul>
Lipasas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No son enzimas específicas para panificación pero se les atribuye fuerte efecto en estabilidad de harina durante fermentación.</li> <li>• Recomendadas para aditivos y mejoradores que no contengan emulsionantes en su composición.</li> </ul>

*Fuente:* Popper, 2003; [www.mardeplata.gov.ar/](http://www.mardeplata.gov.ar/); [www.lasem.com.htm](http://www.lasem.com.htm)

De entre todas las enzimas, las amilasas siempre han sido consideradas las más importantes en el proceso de panificación, si bien no deben despreciarse otros tipos, como las proteasas, lipasas, glucanasas, xilanasas, peroxidasas, etc (2).

## **1.6 El Pan.**

### ***1.6.1 Definición del pan.***

Se define por norma como el producto que resulta de hornear una masa obtenida de harina fermentada por acción de leudante, agua y sal, acondicionadores y mejoradores de masa, adicionado o no de aceites y grasas comestibles, leche, otros ingredientes y aditivos para alimentos (78).

### ***1.6.2 Clasificación del pan.***

Dentro de la NOM-147-SSA1-1996 el pan se clasifica de la siguiente manera:

#### ***( a ) Por su proceso.***

***Productos de panadería artesanal:*** a los obtenidos por procesos continuos de fabricación estandarizados, con alto grado de automatización y en lotes de mayor escala. Pueden utilizar aditivos para alimentos y comercializarse tanto a granes como preenvasados (78).

***Productos de panadería tradicional:*** a los obtenidos por un proceso artesanal, básicamente manual, de formas variadas y nombres de uso común con una vida útil corta. Utilizan ocasionalmente aditivos para alimentos de acuerdo al producto y se venden a granel o preenvasados (78).

*(b) Por sus ingredientes.*

***Pan blanco:*** al producto que resulta de hornear una masa obtenida de harina fermentada por acción de leudante, agua y sal, acondicionadores y mejoradores de masa, acondicionado o no de aceites y grasas comestibles, leche, otros ingredientes y aditivos para alimentos (78).

***Pan de harina integral:*** al producto que resulta de la panificación de la masa fermentada, por la acción de leudante, preparada con harina de trigo, harina de cereales integrales o de leguminosas, agua, sal, azúcares, grasas comestibles, otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos (78).

***Pan dulce:*** al producto de panificación constituido por harina, agua, huevo, azúcares, grasas o aceites hidrogenados, levaduras, adicionada o no de aditivos para alimentos, frutas en cualquiera de sus presentaciones, sal y leche, amasado, fermentado, moldeado y cocido al horno o por fritura en grasa o aceites comestibles (78).

***Pastel o panqué:*** al producto elaborado que se somete a batido y horneado, preparado con harinas de cereales o leguminosas, azúcares, grasas o aceites, leudante y sal, adicionada o no de huevo y leche, crema batida, frutas y otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos (78).

***Pay:*** al producto elaborado con harina de cereales o galleta molida, azúcares, agua y sal, con o sin leudante, grasas o aceites comestibles, frutas, crema pastelera, ingredientes opcionales y aditivos para alimentos; moldeado en forma de corteza para contener un relleno dulce o salado, puede ser cubierto, horneado, frito o congelado. (78).

**Productos de bollería:** a los que son cocidos por horneado de la masa fermentada preparada con harina de trigo, agua, sal, azúcares, grasas comestibles, leudante, aditivos para alimentos e ingredientes opcionales (78).

### **1.6.3 Aspectos nutritivos.**

El pan es un alimento importante en la dieta de la población mexicana y un producto básico que contribuye al desarrollo de la economía agroindustrial, ya que en torno a su producción intervienen otras actividades agrícolas y de transformación industrial. Como alimento, el pan tiene un 30% aproximadamente de agua y un alto contenido de carbohidratos complejos en forma de alimón (16).

El rendimiento energético es de unas 230-260 kcal/100 g de pan. Contiene un 8% de proteína con el inconveniente de que la lisina y el triptófano se encuentran en pequeñas cantidades disminuyen su valor biológico. Sin embargo, si se consumen con otros alimentos como carnes, leche, huevos o leguminosas se produce el fenómeno de suplementación, mejorando notablemente la calidad de la proteína (24).

El pan aporta básicamente a la dieta carbohidratos, por lo que es considerado un alimento calórico. Aunque su aporte en proteínas es también importante. El valor nutricional y calidad del pan están en función de la composición química y propiedades físicas de la harina, menor contenido de almidón y mayor contenido en fibra (24).

Las diferencias de composición entre las harinas de trigo y de centeno explica el valor nutritivo distinto de los panes de estos cereales. Las harinas de centeno que se utilizan en la panificación son de elevada extracción y, por lo tanto, de menor contenido de almidón y mayor de fibra que las de trigo. Así el pan de centeno proporciona menos calorías en la dieta (3.13 Kcal/g, frente a 3.56 Kcal/g en el pan de trigo (88).

El pan de trigo contiene más proteínas que el de centeno, no obstante, las proteínas del centeno son de mayor valor biológico principalmente por su contenido alto de lisina. Una de las ventajas principales del pan de centeno es su contenido alto en elementos minerales, sobre todo en hierro, calcio y fósforo, así como en vitaminas, principalmente tiamina. Estas cualidades dietéticas, sobre todo su menor contenido en calorías, hacen que el pan de centeno se esté introduciendo en algunos países, entre ellos, como pan especial (88).

Sin embargo, en las sociedades desarrolladas se ha observado en los últimos años una gran disminución en su consumo provocada principalmente porque han perdido prestigio en la dieta, porque se ha menospreciado su contenido en nutrientes y por la idea errónea de que son alimentos que engordan, sobreestimando su cualidad de aportar energía en una sociedad en la que rinde culto al cuerpo y la estética corporal como un requisito para el éxito y e triunfo en la vida (104).

## **2. ANÁLISIS DE CALIDAD PARA GRANOS Y HARINAS EMPLEADAS EN PANIFICACIÓN.**

### **2.1 Métodos para evaluar la calidad de los granos.**

La calidad de panificación de los cereales se define por la composición genética de la variedad (genotipo) y por los efectos de factores ambientales asociados al cultivo del mismo. Tanto las características físicas del grano como la cantidad de los componentes del mismo pueden variar de óptimos a indeseables, dependiendo de las condiciones ambientales (y de resistencia a enfermedades) y de la disponibilidad de nutrientes que prevalezcan durante el cultivo (81).

La calidad del cereal depende de numerosos factores, siendo los más importantes (91):

- a) El suelo: factor estrechamente dependiente del clima, por lo que se sabe poco de la influencia que tiene.
- b) El abono: parece cierto que el abono nitrogenado, y en particular los nitratos, no sólo son factores favorables, sino que tienen la función de aumentar el contenido proteínico del grano; esto es válido dentro de ciertos límites, por cuanto al superar un cierto valor de abonado la cantidad de nitrógeno cedido por el fertilizante no está en relación con la cantidad y la calidad del gluten.
- c) La temperatura y el estado higrométrico de la zona, tienen alguna influencia sobre la calidad del grano en su fase de maduración y fundamentalmente en los últimos veinte días que preceden a la maduración.

- d) Los cultivos anteriores deben tener alguna importancia, pero no se tiene una certeza absoluta. De todos modos se obtiene una mejor panificación del grano si los cultivos precedentes han sido patatas o remolacha.

### **Muestreo.**

El método ideal de muestreo y submuestreo depende del tamaño de lote, dimensiones del tipo de embarque y del tipo de sistema de descarga. Los aparatos más populares son el mecánico de divergencia, el de tipo pelicano y el muestreador Ellis para el grano en movimiento. Para el muestreo de lotes a granel el más común es la sonda de alvéolos. La cantidad de muestra dependerá del tipo de embarque, tamaño y heterogeneidad del lote (80, 96).

#### ***2.1.1 Métodos físicos.***

##### **1. Densidad.**

El peso por unidad de volumen (kg/hl), que también se le conoce como peso hectolítrico, es uno de los criterios más comunes para la *medición de la densidad del grano*, que en general se relaciona con el rendimiento del cultivo (3).

Desde el punto de vista de calidad generalmente un *peso hectolítrico alto se refleja en un buen rendimiento harinero*. El peso hectolítrico es determinado por medio de una balanza estandarizada con un recipiente de volumen conocido, arrojando resultados en peso por unidad de volumen kg/hl. (81, 77).



## **2. Peso de mil granos.**

Es un fuerte indicador del tamaño del grano y del rendimiento de la harina, ya que el porcentaje de endospermo en granos de trigo de una misma variedad es normalmente mayor en granos más grandes. La prueba es sencilla, práctica y rápida ya que existen contadores automáticos de semillas (81, 80).

## **3. Dureza.**

Las pruebas más populares consisten en someter un lote de grano a la acción abrasiva de un decortificador por un tiempo o someterlo a un abuso mecánico por impacto. Dependiendo de su índice de dureza, el grano es acondicionado a una determinada humedad para su molienda (81).

La granulometría de la harina resultante está inversamente relacionada con la dureza del grano. Entre más suave sea la textura del grano el tamaño de la partícula del producto molturado será más fino (80).

## **4. Infestación de insectos.**

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 al almacén. La limpieza del grano es crítica ya que las semillas quebradas, dañadas y/o con residuos vegetativos constituyen importantes fuentes de contaminación (80).

## 5. Material extraño.

Es un importante factor en el valor comercial de un lote de grano. Incluye todo aquel material ajeno al grano que se esté comercializando. Incluye semillas de otros granos, piedras, heces de ratas, materiales vegetativos y contaminantes metálicos y vítreos (80).

### 2.1.2 Métodos químicos.

#### 1. Humedad.

El contenido de humedad de un grano es importante porque el grano no puede ser almacenado en forma segura con porcentajes superiores a 12-13%, la humedad disminuye el rendimiento de la molienda y porque todos los análisis deben ser hechos sobre una misma base de humedad para ser comparables (81). En el cuadro 2.1 se mencionan los métodos para la determinación de humedad para el grano.

**Cuadro 2.1** Métodos para determinación de humedad.

PRINCIPIO	METODO AACC	CONDICIONES
Secado en horno	44-19	135°C por 2 h,
Secado a vacío	44-32	98-100°C por 5 h.

*Fuente: AACC, 1973; AOAC, 2000.*

## 2. Cenizas.

Esta determinación es muy utilizada como medida indirecta del grado de extracción de la harina ya que el endospermo puro produce pocas cenizas mientras que el salvado y germen producen mayor cantidad de cenizas (3). En el cuadro 2.2 se mencionan los métodos para determinación de cenizas.

**Cuadro 2.2** Métodos para determinación de cenizas.

PRINCIPIO	METODO AACC	CONDICIONES
Incineración (Harina de trigo blando)	08-01	550°C
Incineración (Harina de trigo duro)		575-590°C
Incineración acelerada	08-02	700°C por 30-45min.

*Fuente: AACC, 1973; AOAC, 2000.*

## 3. Proteínas.

El contenido de las proteínas es una forma de medir indirectamente el contenido de gluten en el grano, pero no su calidad. Las harinas para pan provienen de trigos que contienen como mínimo 12% o 13% de proteína.

Trigos con menos del 11% de proteína no son aconsejados para producir pan a menos que se mezcle con otros para lograr el contenido de proteína necesario.

Este análisis se basa en el método Kjeldahl que realiza una combustión de los compuestos nitrogenados orgánicos, tipo aminado, por acción del ácido sulfúrico concentrado (81).

### *2.1.3 Métodos eléctricos.*

#### **1. Humedad.**

Los determinadores eléctricos de contenido de humedad en los granos son rápidos y prácticos, frecuentemente las humedades obtenidas son inexactas. Una de las causas más comunes por las que se presenta esta situación, es el uso inadecuado de los aparatos

El mas usado es el aparato llamado Motomco. Este aparato es practico y preciso pero tiene el inconveniente de que normalmente se asume que las tablas para convertir las lecturas del aparato a contenidos de humedad se pueden usar en toda ocasión independientemente en la zona o de las condiciones en que la zona en las que se produce el grano, lo cual es incorrecto.

Las variaciones estacionales, varietales y climáticas afectan la relación entre las propiedades eléctricas de los granos y su contenido de humedad, por lo que es necesario revisar continuamente las tablas usadas para convertir esas propiedades eléctricas, que son las que estos aparatos miden, y la humedad del grano (76). En la figura 2.1 se muestran diversos determinadores eléctricos



**Figura 2.1** Determinadores eléctricos de humedad (59).

## **2.2 Métodos para evaluar la calidad de las harinas.**

Los factores que influyen en la calidad están en gran parte ligados a los componentes genéticos de las diversas variedades y a su eventual variación debidas a la fertilización, al clima y las infecciones de la planta (96).

Otros factores están ligados a las alteraciones debidas a varios procesos como aquellos que transforman el cereal de cornezuelo en harina: algunos de estos factores pueden ser fácilmente controlados y programados (91).

### ***2.2.1 Métodos físicos.***

#### **1. Molienda experimental.**

La finalidad de la molienda experimental o de laboratorio es la de evaluar la calidad y el uso comercial de las harinas, para que posteriormente a su vez pueda ser utilizada para efectuar otras pruebas de calidad, así como establecer condiciones durante el proceso (80, 81).

Para esta evaluación se emplean molinos de laboratorio como el Quadrumat Junior de Brabender el cual se muestra en la figura 2.2. Se obtienen harinas a partir de trigos duros y blandos y semolinas mediante la molienda, con propiedades químicas y reológicas idénticas a las que presentan los productos obtenidos en la molturación industrial (80).



**Figura 2.2** Molino de laboratorio Quadrumat Junior de Brabender (49).

## **2. Granulometría.**

Es el análisis del tamaño de las partículas que constituyen la harina. El tamaño de partícula de la harina está relacionado con la absorción de agua.

El tamaño y forma afectan la densidad. El análisis por granulometría para medir el tamaño y su distribución que más se emplea es la serie de tamices de Tyler, que son tamices normalizados (81).

### *2.2.2 Métodos químicos.*

#### **1. Prueba de Gluten.**

La extracción del gluten puede hacerse de manera manual (AACC Método 38-10) o automática (AACC Método 38-11) (82).

##### *Principio:*

Mediante su determinación se separa el almidón y las proteínas solubles (agua lechosa) de las insolubles en agua (gliadina y glutenina), que son las que forman el gluten (3).

##### *Procedimiento (Método Automático) (3).*

- I. Tomar 10 gramos +- 0.01gramos de harina y colocarla en la cámara de ensayo.
- II. Adicionar 5.2 mililitros de solución salina a la cámara de ensayo.
- III. Se coloca la cámara de ensayo en el glutomatic y automáticamente durante 20 segundos se formará la masa mediante el accionar de la paleta.
- IV. Luego automáticamente comenzará la secuencia de lavado que dura 5 minutos y se obtiene la separación del gluten de los compuestos amiláceos.
- V. La pequeña bola de gluten constituida se divide en 2 porciones llevándolas a la centrífuga.
- VI. Se pesa el gluten centrifugado y se lo expresa en porcentaje multiplicándolo por 10. Valor este que se denomina **gluten Húmedo.**
- VII. Para eliminar el agua unida al gluten se coloca este entre 2 planchas calientes teflonadas durante unos 4 minutos.
- VIII. Se pesa el **gluten seco** expresándolo en porcentaje (multiplicar por 10).

Este equipo proporciona las propiedades de estiramiento y elasticidad de gluten y masa. En la figura 2.3 se muestra el equipo glutomatic.



**Figura 2.3** Equipo Glutomatic (49).

## **2. Pruebas de actividad enzimática.**

La actividad enzimática depende del porcentaje de granos germinados y para medirlos se utiliza el test de Número de Falling. Determina la actividad  $\alpha$ -amilásica en harinas, principalmente de trigo y centeno. Es una medida del contenido de grano germinado y consecuentemente de la actividad enzimático diastásica.

El resultado de este ensayo se utiliza para predecir la mezcla óptima de diferentes trigos y determinar la cantidad exacta de adición de malta requerida para optimizar la actividad diastásica. El ensayo completo se realiza entre 10 y 15 minutos (45),



*Principio:*

La determinación se basa en la gelatinización rápida de una suspensión acuosa de harina en un baño María hirviendo y la medición subsiguiente del tiempo de licuefacción del almidón por la acción de la  $\alpha$ -amilasa. Es decir el valor del Número Falling es el número de segundos que dura un test y que mide indirectamente la actividad de estas enzimas (81). En la figura 2.4 se muestra el equipo de Número de Falling.



**Figura 2.4** Equipo de Numero de Falling (45).

*Procedimiento:*

- a) Se colocan en el tubo viscosímetro 7g de harina con 25 ml de agua destilada.
- b) Se agita hasta obtener una suspensión uniforme.
- c) Se coloca el tubo con el viscosímetro agitador en baño de agua hirviendo.
- d) En 60 s se libera el viscosímetro agitador y se hunde libremente en la suspensión calentada de harina/agua.

- e) Cuando el viscosímetro ha recorrido la distancia establecida, se indica en el Falling Number el tiempo de recorrido y posteriormente se convierte su valor por un factor que relaciona el nivel del mar.

En el cuadro 2.3 se muestra valores de Número de Falling que se obtienen para diferentes tipos de harina.

**Cuadro 2.3** Valores de referencia de Número de Falling.

Número de Falling	Consecuencia
330-400	Masas con dificultad para fermentar y panes con miga dura y compacta y una corteza pálida.
290-320	Harinas con buen comportamiento.
220-280	Harinas aptas para panificación mecanizada.
160-220	Harinas que dan origen a masas blandas, pegajosas, difíciles de trabajar con máquina. El pan se presenta aplastado, con miga gomosa y con corteza de color gris oscuro.
90-150	Harinas no panificables ya que el número de granos germinados es muy alto.

*Fuente: Pantalli, 2002*

Cuando estas enzimas ( $\alpha$ -amilasas) se encuentran en exceso el pan resulta con miga de poca consistencia, muy seco y experimenta una disminución del volumen normalmente esperado (21).

### *1.2.3 Pruebas de fermentación.*

#### **1. Fermentógrafo.**

Mide la actividad de la levadura en proporciones de masa colocada dentro de bolsas de plástico. Las bolsas de plástico son selladas y colocadas en baño María a temperatura controlada. El gas generado por la levadura a través de periodos de fermentación es registrado por medio de cambios en presión. El ensayo contempla la cuantificación de la presión ejercida por el gas a diferentes intervalos de tiempo de fermentación (80).

Los periodos de fermentación emulan la actividad de la levadura a través de tiempos prologados de fermentación. De acuerdo a los resultados se hacen ajustes en la concentración óptima de la levadura requerida en formulaciones para panadería (66). En la figura. 2.5 se muestra el equipo Fermentógrafo de Brabender.



**Figura 2.5** Fermentógrafo de Brabender (66).

#### *2.2.4 Métodos reológicos.*

La *calidad panadera de una harina* queda definida, básicamente, por la cantidad y la calidad de las proteínas que forman el gluten. El gluten está constituido por las proteínas glutenina y gliadina, que al combinarse con el agua, forman una red capaz de retener el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) liberado durante la fermentación.

Es importante conocer la calidad y la cantidad de gluten porque conforma la fuerza y el equilibrio de las masas. Esta calidad se determina mediante métodos reológicos que permiten prever el comportamiento de las harinas durante el proceso de panificación y las características que tendrán los productos finales (22).

Estos métodos miden las propiedades mecánicas (viscosidad, elasticidad, consistencia, extensibilidad, etc.) de una masa bajo determinadas condiciones de deformación. Estas propiedades son los factores determinantes del comportamiento de las masas de harina de trigo. (18, 85)

Las pruebas reológicas se realizan para determinar:

- a) Como se pueden realizar mezclas de harinas.
- b) El comportamiento de una harina durante sus diferentes fases.
- c) Se puede detectar como es afectada una masa con la adición de aditivos.

## 1. Amilógrafo

### *Principio:*

En el amilógrafo se mide de manera continúa la resistencia a la agitación de una suspensión de harina-agua mientras se va elevando la temperatura a una velocidad constante de 1.5° C/minuto a partir de 25° C y hasta 95° C (81).

De esta forma se detectan los cambios de viscosidad del producto después de la gelificación del almidón. El registro gráfico de estos cambios es el amilograma. En la figura 2.6 se muestra al amilógrafo de Brabender (98).



**Figura 2.6** Amilógrafo de Brabender (66)

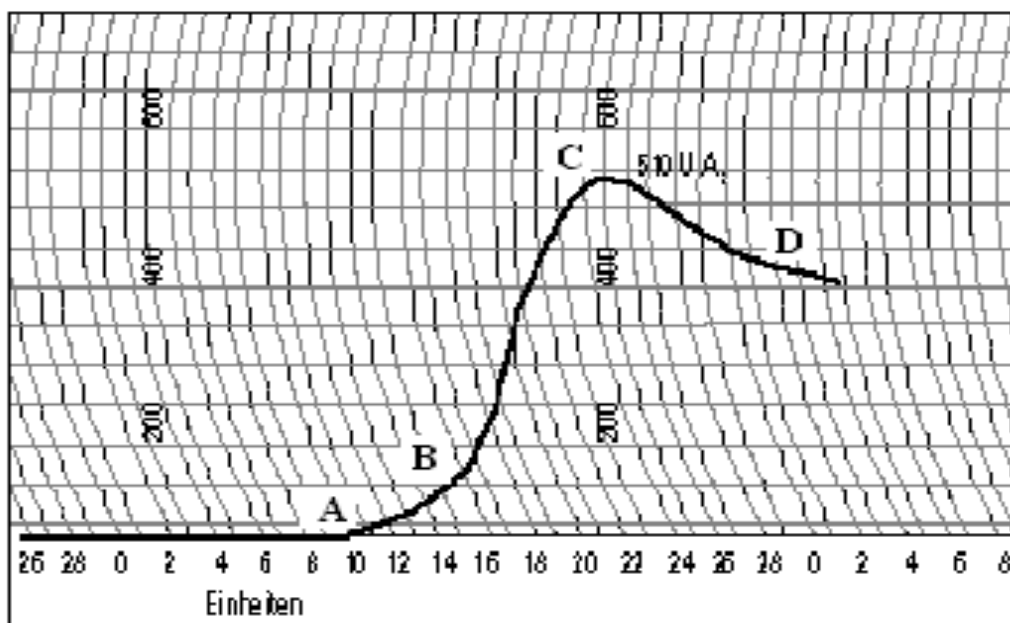
*Procedimiento*

- 1) Mezclar 80 g de harina y 450 ml de agua destilada.
- 2) Calentar la suspensión hasta 95°C como máximo
- 3) Realizar las mediciones de viscosidad durante este período.

La curva obtenida (AMILOGRAMA) representa la variación de la gelatinización del almidón bajo la influencia de la  $\alpha$ -amilasa.

- ✚ Harinas con una alta actividad-amilásica darán viscosidades bajas.
- ✚ Harinas con poca actividad amilásica darán viscosidades elevadas.

Se ha convenido un valor estándar de viscosidad que es de 500 Unidades Amilográficas (U.A.) (81). En la figura 2.7 se muestra la curva y los parámetros que presenta un amilograma.



**Figura 2.7** Amilograma (81).

En el cuadro 2.4 se describen cada uno de los parámetros obtenidos en el amilograma.

**Cuadro 2.4** Parámetros evaluados del amilograma.

ETAPA	DESCRIPCION
A-B	Aumento de la viscosidad durante el incremento de temperatura antes del inicio de la gelatinización del almidón.
B	Temperatura donde inicia la gelatinización del almidón.
B-C	Periodo de gelatinización que se caracteriza por un incremento de la viscosidad debido al hinchamiento y espesamiento del almidón.
C	Indica la máxima viscosidad del gel o Temperatura de máxima gelatinización.

*Fuente: Pantalli, 2002.*

En el cuadro 2.5 se muestra valores del amilograma que se obtienen para diferentes tipos de harina.

**Cuadro 2.5** Valores de referencia del amilógrafo.

U. A.	Características
400-650	Harinas procedentes de trigos germinados
<400	No aptas para panificación

*Fuente: Pantalli, 2002.*

## 2. Farinógrafo de Brabender.

El método se aplica para la determinación de la absorción de agua, la resistencia a la degradación de la masa y el comportamiento durante el **amasado constante** de una harina de trigo, fuerza que se compara con un valor “estándar” de 500 U. F. (21). En la figura 2.8 se muestran a el Farinógrafo de Brabender.



**Figura 2.8** Farinógrafo de Brabender (67).

### *Principio:*

El principio de la medida se basa en el registro de la resistencia que la masa opone a una acción mecánica constante en condiciones de pruebas invariables.

La amasadora tiene hélices que giran en sentido opuesto y está enchaquetado para mantener la temperatura a 30° C.



*Prueba Preliminar.*

Esta prueba se realiza para determinar la cantidad de agua que se tiene que adicionar para alcanzar las 500 Unidades Farinográficas (U.F).

- 1) Pesar 300g de harina.
- 2) Colocar la harina en la amasadora.
- 3) Colocar en la bureta una solución de agua con sal al 2%.
- 4) Accionar el equipo y dejar caer el agua a la bureta.
- 5) Cuando se registren los valores cercanos a las 500 UF se deja caer el agua por goteo hasta llegar al valor de 500 UF.
- 6) Apagar el equipo y registrar la cantidad de agua utilizada.
- 7) Tirar la masa.

*Análisis farinográfico.*

- 1) Pesar 300g de harina.
- 2) Colocar en la bureta la cantidad de solución salina obtenida en la prueba preliminar.
- 3) Accionar el equipo y dejar caer la cantidad exacta de solución salina en la harina.
- 4) Amasar durante 20 minutos y apagar el equipo.

El aparato registrador, durante la prueba, traza sobre un rollo de papel un diagrama llamado farinograma que puede variar de forma o longitud.

El papel milimetrado presenta en abscisas el tiempo expresado en minutos, y en ordenadas, en una escala de 1 al 1000 que expresa la consistencia de la masa en Unidades Brabender o Unidades Farinográficas (105). El farinograma que se obtiene se muestra en la figura 2.9

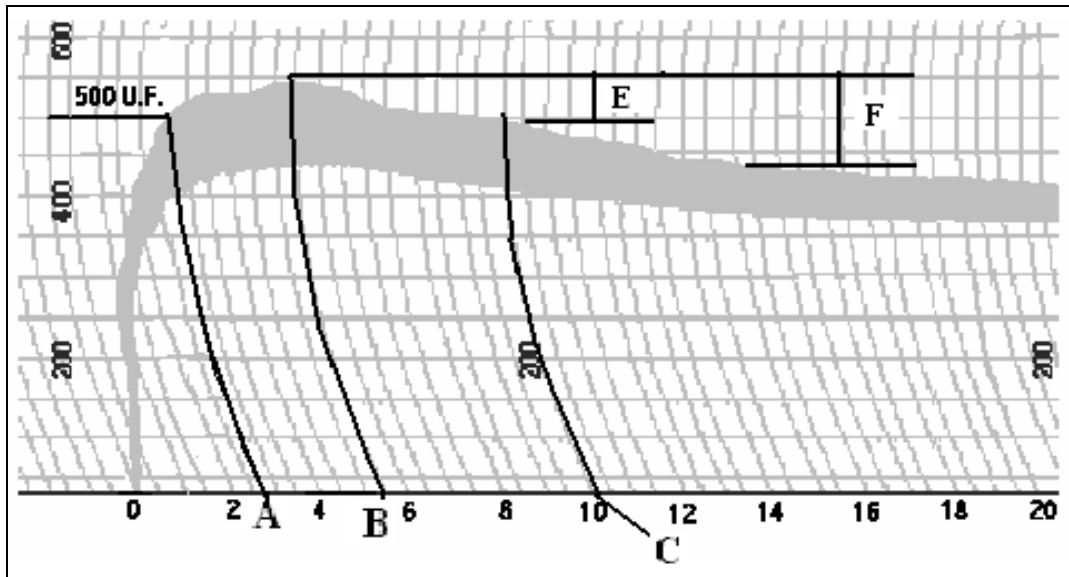


Figura. 2.9 Farinograma (82).

En el cuadro 2.6 se muestran los parámetros en el farinograma.

**Cuadro 2.6** Parámetros evaluados en el farinograma.

SIMBOLO	PARAMETRO	DESCRIPCION
ml Agua	% Absorción de agua	Representa la cantidad de agua en mililitros necesaria para alcanzar una consistencia de 500 UF en la etapa preliminar y se mide en la bureta.
A	Tiempo de llegada (min.)	Tiempo requerido para alcanzar una consistencia de 500 UF. Está relacionado con la hidratación de la harina.
B	Tiempo de desarrollo (min.)	Tiempo necesario para alcanzar la máxima consistencia, está relacionada con el desarrollo del gluten.
C	Tiempo de salida (min.)	Tiempo necesario para que en la curva se abandonen las 500 UF. Tiempo al cual se puede someter la masa a un amasado.
D	Estabilidad (min.)	Intervalo de tiempo durante el cual las masa mantiene la máxima consistencia hasta que abandona las 500 UF. Se obtiene restando C-A. Me indica el tiempo durante el cual se tiene en perfectas condiciones el gluten.
E	Índice de tolerancia (U.F.)	Diferencia entre la máxima consistencia y la que se obtiene 5 minutos después. Mientras más fuerte sea el gluten el índice de tolerancia es menor.
F	Ablandamiento (U. F.)	Diferencia entre la máxima consistencia y la que se obtiene después de 10-20 minutos.

*Fuente: Pantalli, 2002.*

En el cuadro 2.7 se muestra la calidad de las harinas de acuerdo a los parámetros de ablandamiento (F) y estabilidad (D).

**Cuadro 2.7** Calidades de harinas evaluados en un farinógrafo.

<b>CALIDAD</b>	<b>ABLANDAMIENTO (U.F.)</b>	<b>ESTABILIDAD (min)</b>
Optima	$0 < F \leq 30$	$D > 10$
Buena	$30 < F \leq 50$	$7 \leq D \leq 10$
Discreta	$50 \leq F < 70$	$5 \leq D < 7$
Mediocre	$70 \leq F \leq 130$	$3 \leq D < 5$
Baja	$F > 130$	$D < 3$

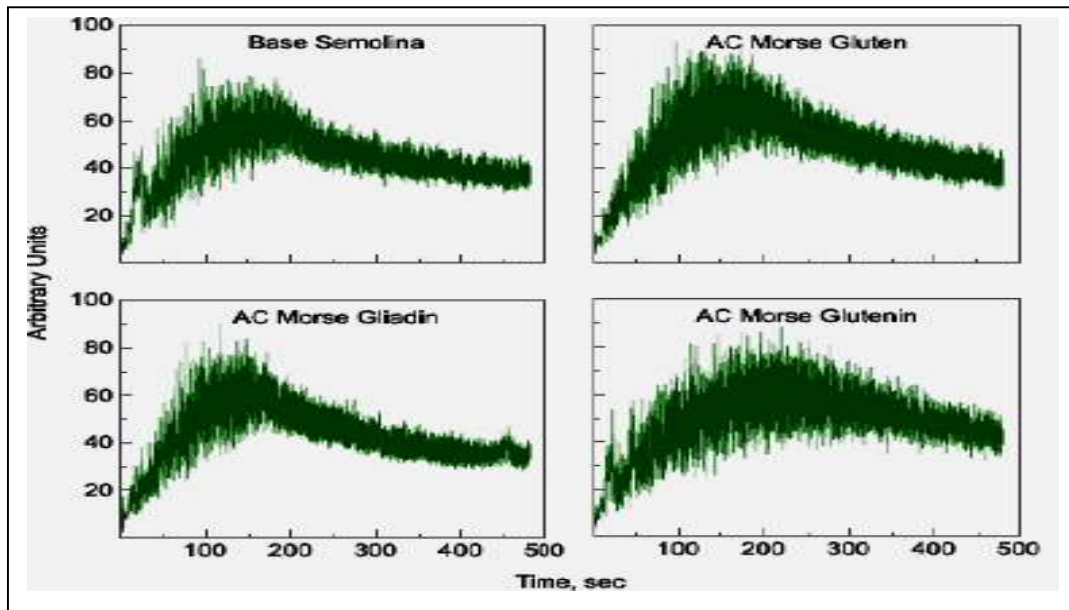
*Fuente: Pantalli, 2002*

Las harinas de fuerza débil caen pronto por debajo del valor 500 (por ejemplo al cabo de 5 minutos), las de fuerza media tarden más (8 ó 9 minutos) y las harins de fuerza no decaen al cabo de 20 minutos. Mediante el alveógrafo se obtiene una simulación del comportamiento que tendrá posteriormente la masa al formarse en su interior infinidad de agujeros o alvéolos como resultado (en la realidad) de la fermentación que provoca las levaduras en la masa del pan (21).

### 3. Mixógrafo.

La absorción de agua y el peso de la muestra están en función del contenido proteico y humedad de la harina. El aparato grafica una curva que muestra el punto de mayor consistencia denominado tiempo de desarrollo, en el cual la masa posee la mayor fuerza o mejores propiedades reológicas (80, 36).

Generalmente, se evalúa la altura de la curva, el ángulo y el grosor (fuerza) de los segmentos, antes y después del punto óptimo de desarrollo (tiempo a la máxima altura), y el área bajo la curva (80). En la figura 2.10 se muestra diversos mixogramas.



**Figura 2.10** Mixogramas (36).

Una harina de calidad para pan requiere de al menos tres minutos de tiempo de mezclado para llegar al punto más alto, y una harina débil tiene un tiempo de mezclado más corto. Mientras más extenso es el tiempo de mezclado, más fuerte es la harina, los tiempo mayores seis minutos indican harina fuerte que puede crear masa rígida nada flexible, pero que puede ser adecuada para el pan de horno de leña o corteza de pizza

Para una harina débil, el ángulo entre las dos líneas a está entre el rango de  $90^\circ$  y  $110^\circ$ . Una harina para pan buena puede tener un ángulo de casi  $130^\circ$ , y un aumento en este ángulo indica un aumento a la tolerancia en el sobremezclado (95).

#### 4. Extensógrafo de Brabender.

Con este equipo que se muestra en la figura 2.11 se puede evaluar las características de estiramiento de una masa: resistencia de la masa a la deformación, extensibilidad y la energía necesaria para la ruptura de la masa (68).



**Figura 2.11** Extensógrafo de Brabender (67).

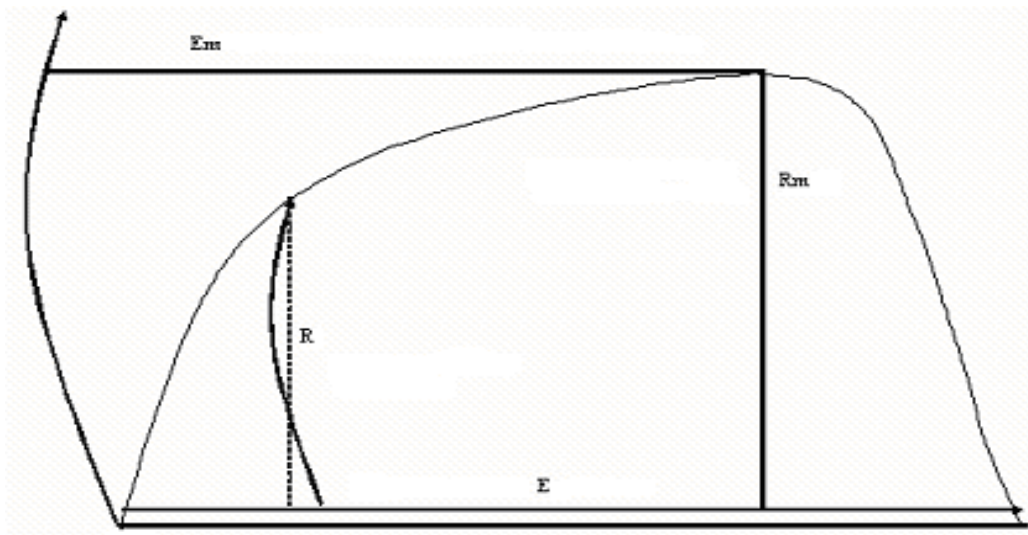
*Principio:*

Mide la estabilidad de una masa y la resistencia que la misma opone durante el período de reposo (11).

*Procedimiento.*

- 1) Realizar un análisis fariñográfico para evaluar la absorción de solución salina. El tiempo de mezclado es de 5 minutos.
- 2) Sacar la masa y dividirla en 2 porciones de 150g cada una.
- 3) Introducir una porción a la boleadora para formar una esfera, para posteriormente obtener un producto de forma cilíndrica.
- 4) Colocarlo en la cámara de fermentación durante 45 minutos.
- 5) Por medio de un gancho que se mueve a velocidad baja se elonga la masa hasta llegar a la ruptura.
- 6) Los datos se registran gráficamente.
- 7) Realizar otro Extensograma con los 150 g de masa restante y compararlos.
- 8) Repetir las pruebas con las mismas masas pero variando los tiempos de fermentación a 90 y 135 minutos.

Los principales índices que se obtienen son el área de la curva, que mide la fuerza de la masa, la resistencia y extensibilidad de la masa, y la relación R/E (96). El extensograma que se obtiene se muestra en la figura 2.12



**Figura. 2.12** Extensograma (82).

En el cuadro 2.8 se mencionan los parámetros evaluados en el extensograma.

**Cuadro 2.8** Parámetros que se evalúan en el extensograma.

MÉTODO	PARAMETRO	DESCRIPCION
Método 1	Rm = Resistencia o tenacidad máxima.	Distancia desde el eje de las "x" hasta el punto máximo de la curva.
	Em = Extensibilidad correspondiente a Rm.	Distancia desde el punto más alto de la curva hasta el eje de las "y".
Método 2	R = Resistencia a los 5 minutos.	Distancia desde la curva hasta el eje de las "x" cuando se ha alcanzado 5 minutos de iniciada la prueba.
	E = extensibilidad total.	Distancia de toda la curva sobre el eje "x"

*Fuente: Pantalli, 2002*

En el cuadro 2.9 se muestra la evaluación de la calidad de las harinas en extensógrafo.

**Cuadro 2.9** Calidades de harinas evaluadas en un extensógrafo.

TIPO DE HARINA	R/L	CARACTERISTICAS HARINA
Muy fuerte	$R/L > 1$	Harina muy tenaz apta para mezclar o para pastas.
Fuerte	$0.5 < R/L < 1$	Harina equilibrada apta para panificación mecanizada y productos fermentados..
Media	$0.25 < R/L < 0.4$	Harina para biscocho, galletas. Puede mezclarse con harina tenaz.
Débil	$R/L < 0.2$	Harina muy extensible para galleta o para mezclas.

*Fuente: Pantalli, 2002*



### 5. Alveógrafo de Chopin.

Con el alveógrafo se puede obtener el tipo de alveolo que se forma durante la etapa de fermentación en los procesos de panificación.

Se compone de tres elementos: la mezcladora para la preparación de la masa, la cámara de fermentación y la registradora de la curva (33). En la figura 2.13 se muestra el Alveógrafo de Chopin.



**Figura 2.13** Alveógrafo de Chopin (44).

#### *Principio:*

Se forma una masa de harina a una humedad constante y se somete a una expansión, aplicando aire con la finalidad de formar una burbuja; al mismo tiempo por medio de un manómetro se registran las variaciones de presión hasta el momento que se rompe la burbuja.

Durante la expansión se traza un diagrama llamado alveograma. Las dimensiones y la forma de las curvas alveográficas obtenidas y el volumen del alveolo en el momento de la ruptura son una guía de las características de panificación de la harina (82)

*Procedimiento.*

- 1) Se pesan 250 g y se dividen en 5 partes y se amasa y se deposita en la cámara de fermentación, dejándolo reposar durante 40-45 minutos.
- 2) Colocar una porción en la plataforma para hacerla pasar por el rodillo, en este punto se tiene la posición de partida (44). En la figura 2.14 se muestra la descripción del paso 2 y la formación del alveogrrama.

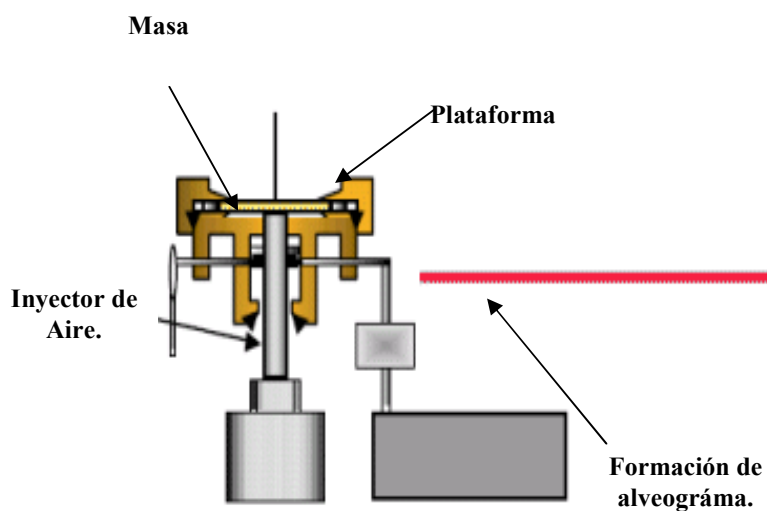


Figura 2.14 Formación de alveogrrama (44).

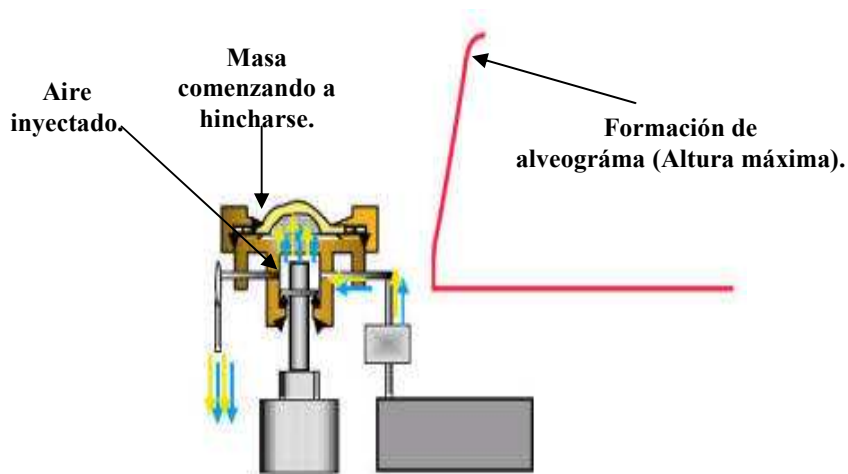
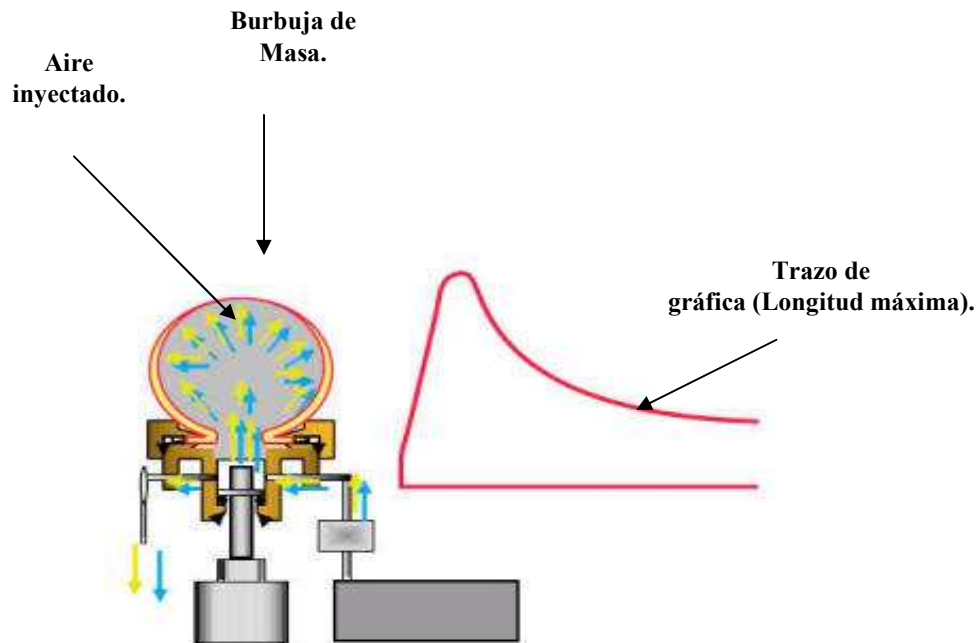


Figura 2.15 Obtención de altura máxima en el alveogrrama. (44)

3) Una vez que se obtiene la máxima resistencia que ofrece la masa (ver figura 2.15) se comienza a formar una burbuja con la finalidad de determinar que tan extensible es la masa, la cual se muestra en la figura 2.16



**Figura 2.16** El aire es inyectado para formar una burbuja trazando en el alveógrafo la longitud máxima. (44).

4) Cuando la masa ha tenido su máxima extensibilidad se rompe la burbuja, y el graficador termina de realizar el alveograma como se muestra en el figura 2.17 y el ensayo se concluye (44).

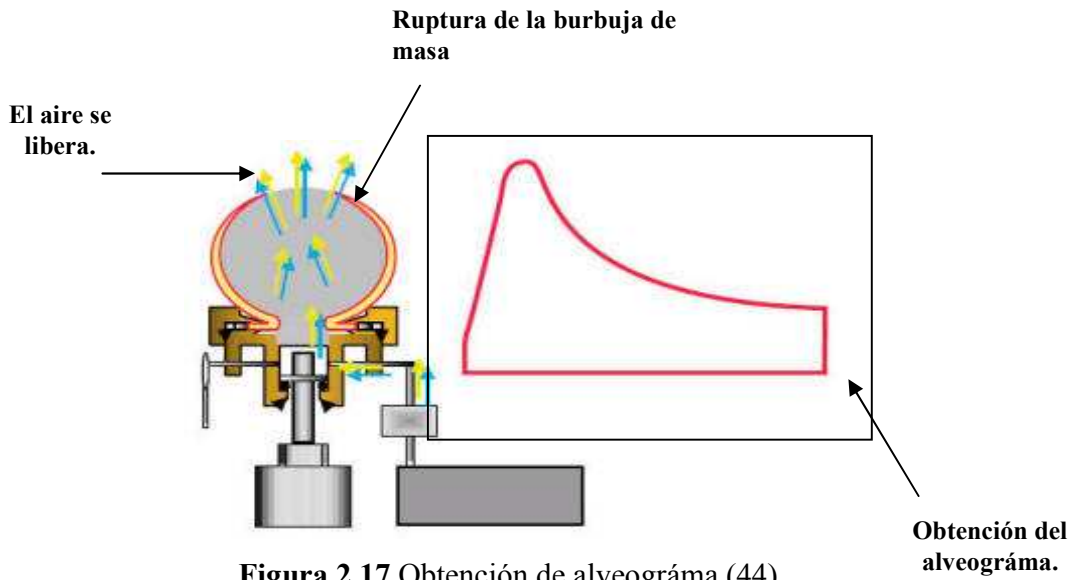


Figura 2.17 Obtención de alveograma (44).

La gráfica que se obtiene se muestra en la figura 2.19

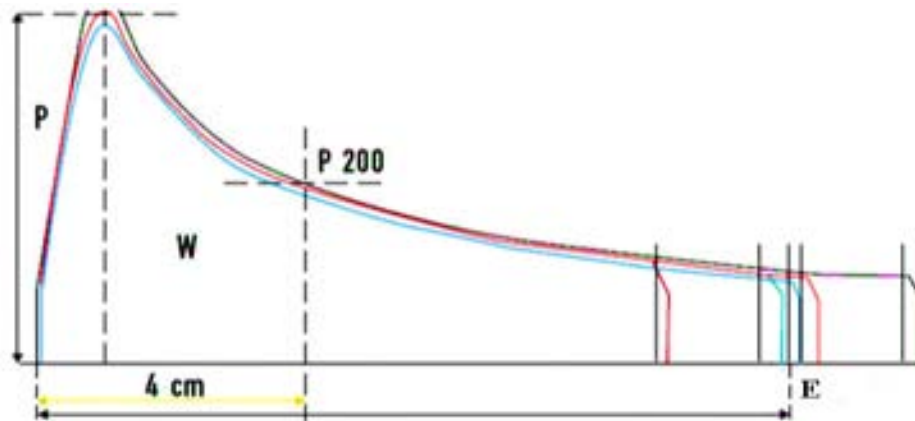


Figura 2.18 Alveograma (82).

Los parámetros obtenidos del alveograma se muestran en el cuadro 2.10

**Cuadro 2.10** Parámetros evaluados en el alveograma.

SIMBOLO	PARAMETRO	DESCRIPCION
P	Tenacidad	Máxima presión alcanzada y en la curva representa la altura máxima de la curva, representada en milímetros multiplicada por 1.1. Con este parámetro se obtiene la fuerza necesaria para hinchar la masa y está ligada a la absorción de agua de la harina.
E	Extensibilidad	Es la capacidad que tiene una masa al ser estirada y en la curva representa la longitud expresada en milímetros. El parámetro está relacionado con la capacidad de retención del gas producido durante la fermentación.
W	Fuerza de harina	Es el trabajo de deformación referido a un gramo de masa y está ligado al conjunto de fenómenos que se producen en el curso del ensayo de extensión teniendo en cuenta a la vez la tenacidad y la extensibilidad de la masa y es la expresión más completa de la fuerza panadera de una harina. El valor de <b>W</b> representa el área bajo la curva.
P/L	Relación de configuración de la curva.	Indica equilibrio de la masa y determina que tipo de trabajo panadero se requiere.
Ie	Índice de elasticidad	Elasticidad = $P_{200}/P$ ( $P_{200}$ = presión tras el soplado de 200 ml ó 4 cm desde el origen de la curva).

*Fuente: Pantalli, 2002.*

En el cuadro 2.11 se describe las características de las harinas a partir de los parámetros obtenidos en el alveógrafo.



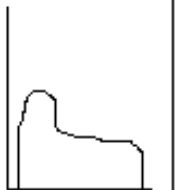

**Cuadro 2.11** Parámetros y características de las harinas evaluadas en el alveógrafo.

PARAMETRO	CARACTERISTICAS
W > 250 P/L > 0.7	Harina fuerte muy tenaz , sólo se emplea para mezclar con harinas poco extensibles..
170 < W < 250 P/L > 0.7	Harinas con excesiva tenacidad y se emplean para corregir harinas muy extensibles.
W=170 0.3 < P/L < 0.7	Harina con exceso de extensibilidad y se emplea para corregir tenacidad
170 < W < 130 0.3 < P/L < 0.7	Harina con buenas aptitudes para panificación.
110 < W < 130 0.3 < P/L < 0.7	Harina de mediocre aptitud para panificación.
160 < W < 140 0.4 < P/L < 0.6	Harina para panificación, en donde no se emplean agentes leudantes biológicos.
180 < W < 200 0.6 < P/L < 0.7	Harinas para productos horneados fermentados..
W = 170 P/L < 0.3	Harinas desequilibradas por exceso de extensibilidad y se emplean para corregir harinas muy tenaces.

*Fuente: Pantalli, 2002.*

En el cuadro 2.12 se muestra un comparativo de los resultados que se obtienen en los diferentes equipos al someter una harina para su análisis.

**Cuadro 2.12** Resultados obtenidos en los cambios de la harina en diferentes fases.

	FASE 1	FASE 2		FASE 3	
<b>FUNCION</b>	MEZCLADO	TRANSFORMACION ESTRUCTURAL DE LA MASA POR FERMENTACION Y MADURACION		GELATINIZACION DEL ALMIDON	
<b>EQUIPO</b>	FARINOGRAFO	EXTENSOGRAFO	ALVEOGRAFO	AMILOGRAFO	F. NUMBER
<b>DIAGRAMA</b>					<b>240</b>
<b>DATOS OBTENIDOS</b>	ABSORCION DE AGUA. TIEMPO DE MEZCLADO. TOLERANCIA FUERZA GENERAL	RELACION ESFUERZO DEFORMACION. GRADO DE MADURACION. FUERZA GENERAL.		CARACTERISTICAS DE GELATINIZACION POR CALENTAMIENTO	
<b>POSIBILIDADES CORRECCION</b>	CAMBIOS DE LAS MEZCLAS DE TRIGOS	MADURACION POR ALMACENAMIENTO. OXIDANTES QUIMICOS, TEMPERATURAS ALTAS.		ACTIVIDAD ENZIMATICA	

*Fuente: Coronado, 2000*

### 3. INGREDIENTES EN PANIFICACIÓN.

#### 3.1 Harinas de panificación.

La mayor parte de los productos alimenticios que contienen harina de trigo, se inician mezclando harina, agua y otros varios ingredientes para formar una masa. La masa es algo más que precisamente un sistema harina-agua.

Cuando se mezclan en distintas proporciones harina de trigo y agua, van formando desde una suspensión ligera cuando el agua está en gran exceso, hasta un polvo seco pero ligeramente cohesivo cuando la harina está en gran exceso. En grados intermedios, es fácil que se produzca una masa pegajosa (14).

Cuando las partículas de harina se humedecen y luego se amasan, se forma una masa coherente, cuyo carácter viscoso-elástico se atribuye al desarrollo de un complejo coloidal denominado gluten. La harina y el agua comienzan a interactuar al momento en que se combinan. Cuando el agua se combina con la harina para formar la masa, parte del agua está unida por los constituyentes de la harina, principalmente el almidón y la proteína de la harina.

La primera capa de moléculas de agua se absorbe firmemente. Sucesivamente, las siguientes capas se adhieren menos y menos firmemente hasta que el agua queda libre para fluir. Las harinas pueden absorber o fijar firmemente poco más de una cuarta parte de su peso en agua (71).

Las harinas “fuertes” son ricas en gluten, tiene la capacidad de retener mucha agua, formando masas elásticas y consistentes, retienen el CO<sub>2</sub> formado en la fermentación, y dan panes muy esponjados de buen volumen, con buen aspecto y textura; las glutelinas de estas harinas tienen una estructura reticular con muchos puentes disulfuro (43).



En cambio, las harinas “flojas” son pobres en gluten, absorben poco agua, forman masas flojas y con tendencia a fluir durante la fermentación, dan panes más densos y con textura deficiente. No son aptas para fabricar pan pero si galletas u otros productos de repostería. Sus glutelinas tienen menos puentes S-S y pesos moleculares más bajos. La fabricación industrial de pan, exige harinas de fuerza adecuada no excesiva ya que las muy fuertes producen alvéolos más pequeños.

Para “aflojar” harinas se puede disminuir los enlaces -S-S-, mediante reductores, o hidrolizar parcialmente las glutelinas; de las dos formas se aumenta el volumen del pan cuando las harinas son demasiado fuertes. Los reductores mas utilizados son el clorhidrato de cisteína y el bisulfito sódico; este último no está admitido en algunas legislaciones.

Así pues, la formación de enlaces cruzados en las glutelinas modifica la calidad panadera de las harinas, y los puentes disulfuro desempeñan un papel fundamental; de la proporción de este tipo de enlaces, principalmente intermoleculares, depende, en gran parte la capacidad de alargamiento –extensibilidad- de la masa, así como la tendencia de la misma a volver a su estado original –elasticidad (89).

La adición de una cantidad suplementaria de glicolípidos naturales (mono y digalactosil diglicéridos) o de síntesis (ésteres de sacarosa o de lactosa y ácidos grasos) tiene efectos beneficiosos sobre el volumen y la textura del pan (aumento y retención de agua) y así puede hacerse, en el caso mas extremo, pan sin gluten o muy enriquecido en proteínas de soya.

Se considera que durante el amasado, se forma en la pasta una red de proteínas y de glicolípidos en torno a los gránulos de almidón, los cuales ya sufrieron en la superficie un inicio de gelatinización y liberación de amilasa (1).

Las interacciones glicolípidos-almidón (enlaces hidrogeno) resultan reforzadas por la cocción del pan y podrían tener una importante función en la retención del agua. Esta red deformable sería responsable de las principales propiedades (15):

1. La extensibilidad que permite un cambio de forma.
2. La impermeabilidad al gas, que permite la retención del anhídrido carbónico y su hinchazón, que es debida al gluten.
3. La elasticidad necesaria para la retención de anhídrido carbónico y la formación de una estructura esponjosa.
4. La fuerte retención de agua (causa de la blandura después de la cocción).

### **3.2 Agentes leudantes.**

De denominan agentes leudantes a aquellas sustancias que directa o indirectamente tienen un efecto de dilatación y elevación o aumento de volumen en las masas destinadas para producir productos horneados (91).

#### ***3.2.1 Agentes leudantes del tipo químico.***

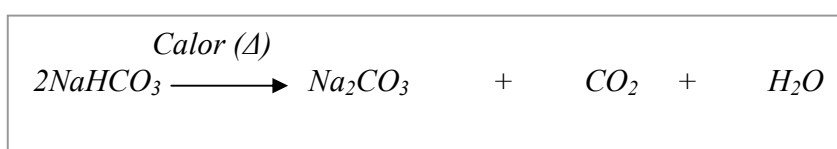
##### ***3.2.1.1 El anhídrido carbónico.***

Normalmente como fuentes de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) de tipo químico se utilizan el bicarbonato sódico o el bicarbonato amónico (12).

**(a) Bicarbonato de sodio.**

Cuando el bicarbonato de sodio se calienta, se libera algo de anhídrido carbónico de las moléculas. Simultáneamente se forma la lejía (71).

La reacción es:



La lejía que se forma es bastante alcalina. Le imparte a los productos horneados un sabor desagradable, jabonoso, amargo, si está en exceso y un color amarillento (atribuido al efecto del álcali sobre los pigmentos flavonoides de la harina).

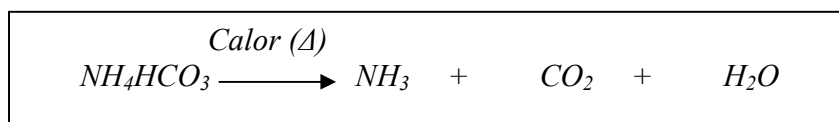
La tiamina es más susceptible a la descomposición por calor cuando se encuentra en un medio alcalino. Otra razón por lo que el bicarbonato de sodio es indeseable como fuente de anhídrido carbónico, es por lo que el gas se libera demasiado tarde en el periodo de horneado como para ser efectivo como leudante (71).

**(b) Bicarbonato de amonio.**

El bicarbonato de amonio es otra fuente de anhídrido carbónico. Además, este produce amoníaco y agua, los que pueden ser convertidos en vapor (71).

Se descompone en amoníaco y dióxido de carbono (por lo que no alcaliniza el medio), en condiciones adecuadas de temperatura y humedad liberando al dióxido de carbono.

La reacción es:



Este último se emplea solamente en aquellos productos con bajo contenido de humedad como las galletas, ya que el agua retiene el amoníaco dando al producto final su olor característico. Su uso debe en hacer en combinación con un agente leudante para que el amonio pueda ser eliminado durante el horneado (92, 91, 71).

***(c) Bicarbonato potásico.***

El bicarbonato potásico, es también una fuente de potencial de anhídrido carbónico para el esponjamiento. Sin embargo, no se utiliza a causa de que tiene tendencia a ser higroscópico y a impartir un ligero amargor a los productos (14).

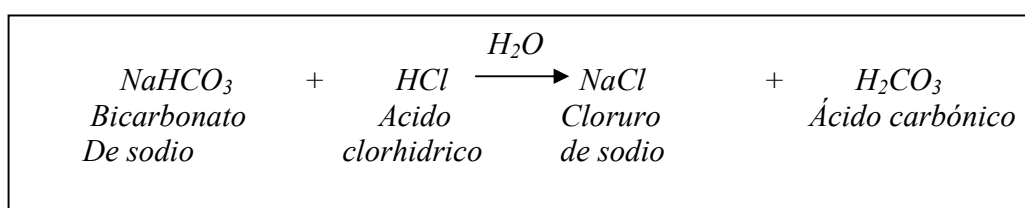
***3.2.1.2 Polvos fermentantes.***

Se denominan polvos fermentantes a aquellos agentes que se obtienen de la mezcla de una sustancia de reacción ácido y bicarbonato sódico con o sin almidón o harina. Esta mezcla debe producir un mínimo del 12% del anhídrido carbónico disponible (91).

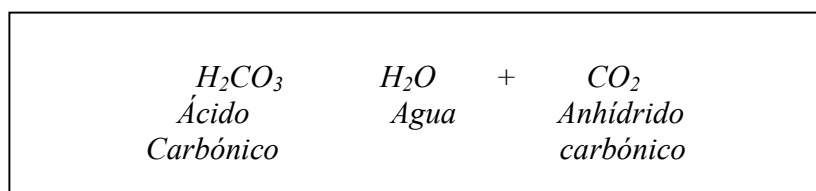
El bicarbonato de sodio, como una sal de base fuerte (hidróxido de sodio) y un ácido débil (carbónico), es el alcalino. Debido a ello reacciona con los ácidos. En solución se ionizan, liberando iones de Hidrógeno ( $\text{H}^+$ ). El bicarbonato de sodio en solución también se ioniza, liberando iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ) y de bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ).

El ion de sodio positivo se une con el ion negativo aportado por el ácido, para formar la sal sódica del ácido. El ion de hidrógeno positivo del ácido se une con el ion de bicarbonato negativo para formar ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ) (71).

La reacción ilustrada con el ácido clorhídrico es:



El cloruro de sodio, un ingrediente aceptable en los productos horneados, es la sal que se forma. El ácido carbónico se disocia para formar anhídrido carbónico y agua, como sigue:

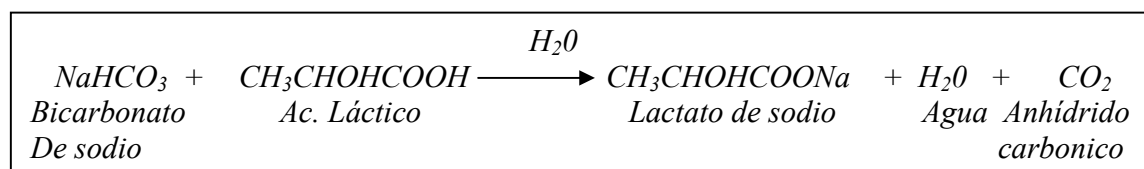


Este método de obtener anhídrido carbónico como un agente leudante fue patentado primero por el Dr. Whiting en 1837 en Inglaterra (71).

El ácido clorhídrico no se utiliza en los productos horneados, pero si se utilizan ingredientes como leche agria, vinagre, miel y melazas, que contienen uno o más ácidos en solución. La leche agria y el suero de mantequilla contienen ácido láctico, que es producido del azúcar de la leche por medio de ciertas bacterias.

El vinagre contiene un 5% de ácido acético y el principal ácido de la miel es el ácido glucónico en equilibrio con gluconolactona. Las melazas, contienen principalmente ácido acopítico.

La reacción ocurre cuando el bicarbonato se pone en contacto con el ácido en la leche agria es típica, aunque resulta una sal diferente con cada ácido (71).



Dichas sustancias diluyentes sirven para inhibir la reacción prematura de los componentes fermentantes, debido a la humedad presente durante la conservación y también a hacer homogénea la velocidad de reacción en los primeros estadios del amasado (91)

### 3.2.1.3 Polvos de hornear.

Se entiende por polvo de hornear a la mezcla de agentes leudantes químicos (bicarbonato y ácidos secos) que, en condiciones adecuadas, liberan anhídrido carbónico y se utiliza con el fin de levantar y hacer esponjosa la masa preparada con harina o almidones (71,54).

Debido a que el bicarbonato es la fuente de anhídrido carbónico, todos los polvos de hornear deben contener al menos 12% mínimo de bicarbonato. En productos leudados anhídrido carbónico, las pequeñas burbujas de aire atrapadas en la masa parecen esenciales para un adecuado esponjado. Parece que la distribución adecuada del anhídrido carbónico depende de numerosas células de aire previamente incorporadas en el batido (71).

El porcentaje total del gas esponjante aportado por el aire es pequeño, pero esencial. El anhídrido carbónico participa con la mayor contribución a la acción esponjante pero una parte considerable de la expansión, durante el horneado, se debió al vapor. Es aquí donde se muestra la importancia relativa de los tres gases leudantes (aire, vapor y anhídrido carbónico) (71).

#### **Tipos de polvo de hornear.**

La diferencia entre los polvos de hornear se debe a las clases de ácidos utilizados para formularlos. En esta industria se utilizan varios ácidos para el esponjamiento. En general, la velocidad de la reacción de los ácidos varía con la temperatura (71, 14).

##### ***(a) Polvos de hornear de acción rápida.***

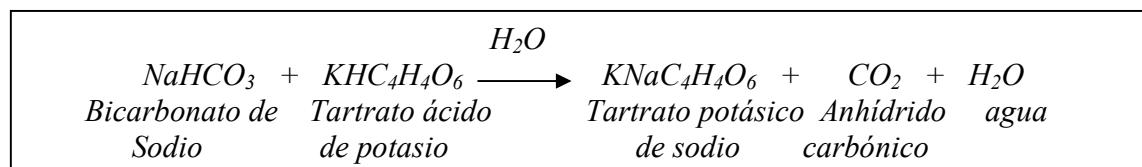
Producen gas tan pronto entran en contacto con agua, en este caso la mezcla debe trabajarse rápidamente para evitar que el CO<sub>2</sub> se pierda (75).

Hace algún tiempo, existían tres tipos de polvo de hornear para el hogar. Uno, el polvo de hornear de fosfato, que se encuentra fuera del mercado desde ya hace algunos años, y el otro, un polvo de hornear de tartrato, fue retirado más recientemente.

El ácido tartárico y tartrato ácido de potasio, se utilizaban para formular el polvo de hornear de tartrato. Los polvos de hornear de tartrato y fosfato se clasificaban como de acción rápida, debido a que los ácidos involucrados se disolvían y una alta porción del anhídrido carbónico se liberaba cuando el polvo de hornear se ponía en contacto con un líquido frío.

El tartrato ácido de potasio, la sal ácida de potasio del ácido tartárico está presente y puede combinarse con el bicarbonato para elaborar un polvo de hornear hecho en casa (71).

La reacción, cuando ese ácido libera anhídrido carbónico es:



La cantidad de ácido necesaria en la receta, depende de la cantidad de sosa y del valor de neutralización del ácido. Como los ácidos utilizados son sales ácidas, la estequiometría de las reacciones, no suele estar clara. Por esto se desarrollo el concepto de neutralización.

$$\text{Valor de neutralización} = \frac{(\text{g de } CO_3NH_a \times 100)}{(100 \text{ g de sal ácida})}$$

Generalmente el pH del producto no debe ser afectado por la reacción de esponjamiento. Sin embargo, si no se utiliza la cantidad correcta de ácido, se verán alteradas las propiedades y sabor del producto. Por ejemplo: el exceso de sosa suele comunicar al producto sabor a jabón. El color de muchos productos está fuertemente influido por el pH (71).

Reacciona rápidamente a temperatura ambiente. Como resulta relativamente caro, ha sido desplazado en la mayoría de las aplicaciones por el fosfato monocálcico; este reacciona también rápidamente a temperatura ambiente y es muy utilizado como componente rápido en los polvos de hornear de doble acción (14).

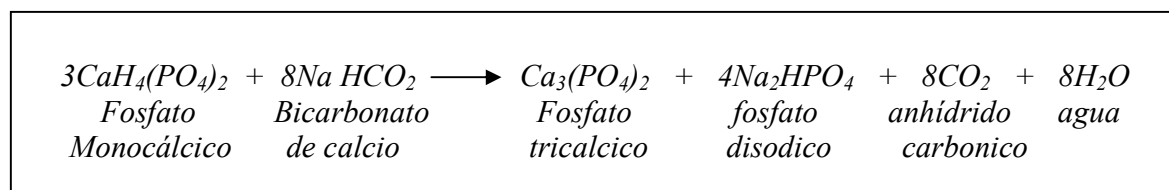


***(b) Polvo de hornear de acción lenta.***

Reacciona tanto al humedecerse como cuando se calienta en el horno. Esto se debe a que esta formulado con dos ingredientes reactivos, 2 tipos de ácidos (uno de los cuales es el monohidrato de fosfato monocalcio), uno soluble en agua fría y el otro soluble en agua caliente, que libera el gas durante el horneado (75, 14).

El único tipo de polvo de hornear que existe en la actualidad para el hogar es uno de tipo de acción lenta o doble (71).

Una ecuación para una de las varias reacciones que se cree que ocurren cuando este ácido reacciona con el bicarbonato es:



El monohidrato de fosfato monocálcico es fácilmente soluble en agua fría (71).

***(c) Polvo de hornear de doble acción.***

Contienen dos ácidos: uno que reacciona a temperatura ambiente y otro que reacciona al calentar el producto. La doble acción se refiere a la liberación secuencial del anhídrido carbónico, primero en la masa por el fosfato ácido de calcio soluble en agua fría y luego durante el horneado por el ácido derivado del sulfato de aluminio sódico (14, 71).

Eso significa que parte del anhídrido carbónico se libera durante la mezcla, pero que la mayor proporción se libera sólo hasta después que el producto se ha calentado en el horno y se ha formado el ácido.

Una gran cantidad de ácidos leudantes existen comercialmente, cada uno diseñado para lograr los estrictos requeridos de la liberación del anhídrido carbónico.

La forma anhidra del fosfato monocálcico es menos soluble en el agua fría que el monohidratado, fabricado de esta manera en parte por un material insoluble que lo cubre. El retardo en la liberación del CO<sub>2</sub> durante los primeros minutos del mezclado significa menos pérdida del gas esponjante del batido y por ello una mayor tolerancia al mezclado (14).

Normalmente el polvo de hornear de doble acción contiene 12% fosfato monocálcico, 30% de bicarbonato de sodio, 30% sulfato de aluminio, 23% sodio y 35% almidón. El almidón se usa como estabilizador.

La practica general es la de usar mezcla de fosfato monocálcico y bicarbonato de sodio como la fuente de bióxido de carbón. Si se utiliza solamente éste, el producto final queda con un pH alto, de color amarillento y no tan esponjoso (38).

#### ***(d) Pirofosfatos ácidos de sodio (SAPPs).***

Sus velocidades de reacción son variables dependiendo de cómo se han obtenido; se utilizan mucho para galletas enlatadas y “doughnuts”, ambos productos tienen exigencias particulares de esponjamiento que se cumplen solamente con estos pirofosfatos.

- I. Fosfato aluminico sódico (SALP), es el más moderno de los ácidos esponjantes. Es muy utilizado como segundo ácido en la levadura artificial de doble acción y también en mezclas comerciales de panadería. No solamente funciona bien como esponjante, sino que produce artículos con miga de estructura fuerte.
  
- II. Sulfato aluminico sódico (SAS) fue el ácido de segunda acción más corriente en las levaduras artificiales, antes de la aparición del SALP. Los principales problemas son su efecto debilitador de la textura de la miga y su ligero sabor astringente.

El principal problema con estas sustancias es el sabor “piro” que dejan en la boca y dientes. Aparentemente se produce por el intercambio del calcio de los dientes, por el sodio del fosfato disódico que se produce por la reacción esponjante y es el resultado de la reacción enzimática que divide el pirofosfato (14).

#### ***3.2.2 Agentes leudantes del tipo biológico.***

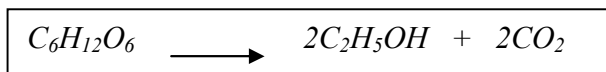
Se considera a la levadura como el componente biológico que añadimos a la masa para lograr su esponjosidad.

Se entiende por levadura un grupo particular de hongos unicelulares caracterizados por su capacidad de transformar los azúcares mediante mecanismos reductores (fermentación) o también oxidantes.

Las células de las levaduras se presentan de forma pequeña y dan origen por gemación a nuevas células iguales; éstas pueden separarse de las células madre o permanecer unidas dando lugar a unas más complejas. Las levaduras pueden distinguirse por las siguientes formas características: redonda, ovalada, elíptica, cilíndrica, alargada, etc (91).

La enzima Zimasa se encargan de transformar los azúcares complejos fermentables en otros más simples.

La fermentación alcohólica es la más importante en el desarrollo panario y responsable de la mayor parte de los aromas del pan. Aproximadamente el 90% de los azúcares sigue este proceso fermentativo y el 10% restante en la práctica, sufre fermentaciones diferentes originando diversos ácidos y otros compuestos siendo mayor o menor el desarrollo según sea la presencia de dichos microorganismos en la harina, masa madre y levadura (12).



### 3.2.2.1 Levadura prensada.

Se denomina también natural. Está constituida por *Saccharomyces cerevisiae*, microorganismos pertenecientes a las levaduras.

Se presenta en paquetes de ½ K o 5 K precortados. Para las grandes panificadoras se fabrican sacos de 25 K para ser disueltos en agua, y dosificar automáticamente la levadura en las amasadoras (100). Existen tres tipos que son:

- ✚ Rápidas: se utilizan para procesos automatizados de fermentaciones muy cortas.
- ✚ Lentas: usadas generalmente para congelación o para fermentaciones muy largas. Aquí se suele añadir un 2% más de lo habitual.
- ✚ Congeladas: utilizadas para panes congelados y su mantenimiento es igualmente congelado.

La utilización de ésta levadura no precisa precauciones particulares: se desmenuza fácilmente en la amasadora y la dispersión en agua fría no presenta inconvenientes. En la figura 3.1 se muestra a la levadura prensada en presentación comercial (52).



**Figura 3.1** Levadura prensada (52).

Se debe evitar un contacto prolongado con la sal, pero en la práctica no es realmente dañino. Garantiza una mejor conservación ya que el envase limita el intercambio gaseoso y controla la migración de humedad (52).

#### ***3.2.2.2 Levadura líquida.***

Es la levadura con poca densidad, que se transporta en cisternas y que necesita el doble depósito en la industria panadera para su perfecto uso. Se necesita un equipo muy complejo que debido a su alto riesgo contaminante debe mantener una higiene automática muy precisa (12).

La levadura líquida es exactamente la misma que la prensada, tal y como se encuentra antes de la filtración y empaquetado.

Se suministra en cisternas refrigeradas, y solamente está destinada a las grandes panificadoras que, por su gran consumo, disponen de tanques refrigerados para su almacenamiento, y de sistemas automáticos de dosificación.(52).

Es la opción correcta para la panadería moderna puesto que presenta una solución para la dosificación automática de levadura. Suele utilizarse en industria con gran consumo sin embargo al conservarse entre 5°C–7°C su regularidad en poder fermentativo es asombroso (48, 12).

#### ***3.2.2.3 Levadura industrial granulada.***

Es aquella levadura fresca que viene en gránulos y en sacos de 25 kg. Esta levadura se usa para aplicaciones industriales. De este tipo de levadura para panificación industrial existen varios tipos, según la necesidad: fuerte, extra fuerte y para masa azucarada.

#### ***Función de las levaduras.***

Principalmente las levaduras en panificación tienen tres efectos:

1. Transformación de la masa, pasando de ser un cuerpo poco activo a ser un cuerpo fermentativo, donde se desarrollan las reacciones químicas y físicas más activas. Produciendo un aumento de energía.
2. Desarrollo de parte del aroma mediante la producción de alcoholes, aromas típicos de panificación y éteres.

3. La acción de subida de la masa, debido a la producción de CO<sub>2</sub> (anhídrido carbónico) y alcohol etílico en forma de etanol.
4. El efecto de transformación de la masa y subida de la misma, va unido a la hidratación del almidón, con lo cual no siempre se puede especificar el resultado final a un solo efecto
5. Da el sabor característico al pan.
6. Aumenta el valor nutritivo al suministrar el pan proteína suplementaria.

La acción de las levaduras se concreta principalmente con una reducción de pH, debida en parte, al CO<sub>2</sub> producido que se disuelve en el agua de la masa.

El mecanismo de producción del gas consiste en la transformación del azúcar en CO<sub>2</sub> y alcohol. Esta producción depende de la presencia de levadura en la masa y de la cantidad de sustrato (azúcares fermentables) que contiene la harina.

La reproducción de la levadura en la masa depende de la cantidad inicial: una cantidad inferior a un 2% permite la reproducción del 50%, cantidades superiores no permiten el aumento de volumen. (12, 104).

Hay sustancias que añadidas a la masa (aromáticas, chocolate y polvo de cacao) que añadidos a la masa, disminuyen la capacidad de fermentación de las levaduras, por lo que en este caso el 2% de levaduras en una cantidad demasiado pequeña (91).

Normalmente las células pueden asimilar algunos nutrientes como es el caso de los azúcares simples, pero otros deben ser transformados con anteriores antes de su metabolización. Este es el caso de la glucosa que es asimilada directamente (12).

En el caso del almidón o dextrina, necesita de un desglose previo por parte de las enzimas diastásicas. Este proceso ya consumado, es transformado por la zimasa, en lo que se conoce como la fermentación alcohólica en CO<sub>2</sub>, alcohol (en forma de etanol) y desgaste energético de 27 calorías por molécula (12).

Esta gasificación de CO<sub>2</sub> siempre se produce pero su producción y posterior retención está condicionada por factores de naturaleza diversa como son:

- ✚ Calidad de la propia cepa de levadura utilizada.
- ✚ Conservación correcta de la levadura.
- ✚ Velocidad de adaptación a la metabolización de la maltosa.
- ✚ Condiciones ambientales.
- ✚ Presencia de inhibidores de la fermentación.
- ✚ pH temperatura de la masa.
- ✚ Calidad del gluten retentivo del gas.

#### ***Efecto de la levadura sobre los azúcares.***

Las fuentes de azúcares para el desarrollo de las levaduras son:

- ✚ Trealosa: son dos unidades de glucosa, azúcares que posee la propia levadura, y estén presentes en muy poca cantidad.
- ✚ Azúcares libre: 2% (glucosa, fructuosa)
- ✚ Almidón dañado: que según la textura del endospermo.
- ✚ Almidón normal: parte del mismo será degradado por enzimas diastásicas ( $\alpha$ -amilasa,  $\beta$ -amilasa, glucosidasa, amilogucosidasa).
- ✚ Los que se pueden añadir como sacarosa o jarabe de maíz.



Una levadura de calidad debe tener (23, 104):

- ✚ Fuerza fermentativa suficiente para que, a su vez, la red proteica de la masa pueda retener la mayor cantidad de gas posible. Todo ello nos dará el volumen del pan durante la fermentación.
- ✚ Uniformidad, la levadura debe producir los mismos resultados si se emplean las mismas cantidades.
- ✚ Pureza, evitar la ausencia de levaduras silvestres.
- ✚ Apariencia, debe ser firme al tacto y al partir no se desmorona mucho, debe de mostrar algo de humedad.

En resumen, la acción básica de la levadura en productos de fermentación es, la producción de CO<sub>2</sub>, que provoca el crecimiento de la masa, el desarrollo o maduración de la masa, y el desarrollo de precursores de sabor.

La levadura logra esta acción mediante el rompimiento inicial de los azúcares, como la sacarosa, por acción de la invertasa, presente en la pared celular de la levadura, formando azúcares fermentables, como la glucosa, fructuosa y manosa, los cuales son empleados para formación de CO<sub>2</sub>, aldehídos y cetonas, los que producen el aroma y sabor característico del pan, a través de las complejas reacciones que se llevan a cabo dentro de la levadura (12).

#### ***Efectos del pH.***

En general se ha observado que la levadura es un factor importante para estabilizar el pH de la masa y que la máxima formación de gas tiene para valores de 4 a 5.5 y desciende sensiblemente cuando esta por encima de 6 o por debajo de 3.5.

Las condiciones óptimas de desarrollo de levadura son: temperatura entre 25 y 38 °C; pH entre 4.0 y 6.0; 3.0 y 20.0% de etanol; azúcares menores al 5% y sal menor al 2%. (19)

#### ***Masa madre.***

Es un cultivo simbiótico de las levaduras presentes de manera natural en alimentos, como los cereales y las bacterias presentes en el ambiente, en especial levaduras como la *Saccharomyces cerevisiae*. Cuando se habla de masa madre nos referimos a fórmulas equilibradas de la misma y en algunos casos a la utilización de levadura prensada (12, 29).

Para elaborar masa madre se necesita agua y un cereal, preferible en estado de harina. Las levaduras suelen estar presentes en el exterior de los granos de cereal, así que es más conveniente usar harina integral, ya que la harina blanca carece del salvado, que ya sido extraído en el proceso de molienda. Se junta el mismo volumen de harina y de agua y se deja a temperatura ambiente. A lo largo de varios días se procederá a desechar la mitad de la masa (29).

Se considera que durante el amasado, se forma en la pasta una red de proteínas y de glicolípidos en torno a los gránulos de almidón, los cuales ya sufrieron en la superficie un inicio de gelatinización y liberación de amilasa (1).

En el cuadro 3.1 se muestra las ventajas y desventajas agentes leudantes.

**Cuadro 3.1** Ventajas y desventajas de agentes leudantes.

<b>Agentes Leudantes</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bajo costo</li> <li>▪ Absoluta inocuidad.</li> <li>▪ Ausencia de toxicidad</li> <li>▪ Fácil manipulación.</li> <li>▪ Ausencia de olores y sabores en producto.</li> <li>▪ Elevada estabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No da propiedades organolépticas como las levaduras (olor, sabor)</li> <li>▪ Puede dar un sabor amargo si no se controla</li> </ul>
Biológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Regularidad de fermentación.</li> <li>▪ Evita errores por parte del operario.</li> <li>▪ Control sobre el proceso de fermentación.</li> <li>▪ No hay pérdidas de manipulación y ahorro de 3% sobre el consumo de levadura tradicional ya que al estar diluida en agua su reacción es más rápida y con menos cantidad llegamos al punto de fermentación deseado en el mismo tiempo.</li> <li>▪ Conservación más larga del producto a causa de la mayor acidez de la masa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uso de equipo especial para su manipulación.</li> <li>▪ Algunos agentes son de uso inmediato.</li> </ul>

*Fuente: Quaglia, 1991; Calaveras, 2004.*

### **3.3 Agua.**

La NOM-127-SSA1-1994 define a el agua para uso y consumo humano como aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causan efectos nocivos al ser humano y es uno de los ingredientes fundamentales en la elaboración del pan. El agua que se emplea en la industria de los productos horneados y en la formación de la masa debe ser potable (91, 79).

#### ***3.3.1 Características organolépticas.***

Son aquellas que se detectan sensorialmente. Para efectos de evaluación, el sabor y el olor se ponderan por medio de los sentidos y el color y la turbidez se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio (79).

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en el cuadro 3.2

**Cuadro 3.2** Características físicas y organolépticas del agua.

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>LIMITE PERMISIBLE</b>
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

***Fuente: NOM-127-SSA1-1994.***

### **3.3.2 Características químicas.**

Son aquellas debidas a elementos o compuestos químicos que como resultado de investigación científica se ha comprobado que puede causar un efecto nocivo a la salud humana (79).

El análisis químico debe permitir excluir la contaminación de origen fecal, y por tanto, orgánica y la de tipo inorgánico. Esta información se obtiene efectuando análisis para la determinación de las sustancias orgánicas del amoniaco, cloruros (contaminación orgánica activa) y de nitritos y nitratos (contaminación inorgánica no activa) (79). El contenido de algunos constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en el cuadro 3.3

**Cuadro 3.3** Contenido de constituyentes químicos.

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>LIMITE PERMISIBLE (mg/l)</b>
Arsénico	0.05
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN-)	0.07
Mercurio	0.001
Cromo total	0.05
Dureza total (como CaCO <sub>3</sub> )	500.00
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6.5-8.5
Plaguicidas en microgramos/l: Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0.03
Plomo	0.025
Sodio	200.00
Sólidos disueltos totales	1000.00

**Fuente:** NOM-127-SSA1-1994.

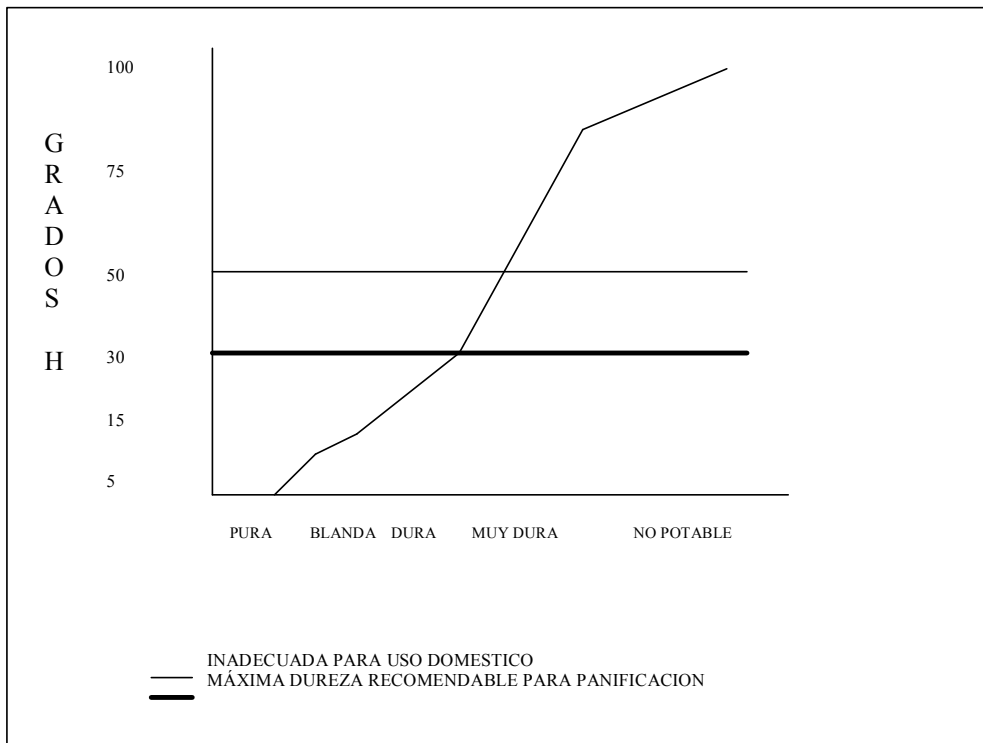
Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos (79).

### ***3.3.3 Dureza del agua.***

La dureza total se define por la concentración de sales de calcio y de magnesio; la dureza temporal, en cambio, se determina por la concentración de sales de calcio y magnesio presentes como bicarbonatos, mientras que la diferencias entre los dos tipo de dureza se denomina dureza permanente y se determina por sales de calcio y magnesio que permanecen disueltos en agua después que ésta se ha llevado al punto de ebullición.

La masa debe de tener un pH de 5 a 6, y en caso de que en su preparación se utilice agua alcalina, se obtiene una masa de pH superior a 6, como consecuencia se obtienen una menor producción de gas, menor acidez y mayor tiempo de maduración debido a la menor actividad de las levaduras, las diastasas y sobre la formación del gluten, debido que para su formación y plasticidad es necesario un agua ligeramente ácida (91).

En la figura 3.2 se muestra el uso del agua de acuerdo al contenido de  $\text{CaCO}_3$ .



**Figura 3.2** Clasificación del agua según cantidad de CaCO<sub>3</sub> (82).

Según la naturaleza de sus sales disueltas se clasifican de la siguiente manera:

***Aguas suaves.***

Son aquellas aguas que poseen muy poca cantidad de bicarbonatos, calcio y nitratos. Se consideran suaves cuando ***no superan las 50 partes por millón.*** (12, 53).

***Aguas duras.***

Es causada por los iones de calcio y magnesio principalmente. Se debe a los bicarbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos de calcio. Y suelen ser muy concentrados estos componentes. Están en el rango de componentes ***de 50 a 200 partes por millón*** (12, 35).

***Aguas salinas o alcalinas.***

Son las más inapropiadas para la panificación y suelen tener cantidades excesivas de bicarbonato, calcio y magnesio, estableciendo fermentaciones anormales por su elevado pH. En este tipo de agua se recomienda la purificación de las mismas antes de su utilización en la amasadora y bajar la dosis de sal. Normalmente el agua que ***supera las 200 partes por millón*** se recomienda la aplicación de un descalcificador (12). En el cuadro 3.4 se muestra la dureza del agua y su efecto en la masa.

**Cuadro 3.4** Naturaleza del agua y su efecto en la masa.

<b>TIPO</b>	<b>EFEECTO</b>	<b>TRATAMIENTO</b>
Suaves (pocos minerales)	Ablanda el gluten, Masa suave y pegajosa	Utilizar alimentos con levadura o aumentar la sal en la fórmula.
Dura (con sales de Ca y Ma)	En exceso debilita y retrasa la fermentación.	Utilizar más levadura o reducir el alimento de la levadura.
Salina (con sal en solución)	Sabor. En exceso debilita y retrasa fermentación.	Reducir la sal en la fórmula.
Alcalina (con sustancias alcalinas en solución)	Reduce la fermentación.	Utilizar más levadura o ácido acético.

*Fuente: Belitz, 2006.*

El agua ideal para panificación es el agua medianamente dura, que tiene un contenido de sales minerales suficiente para reforzar el gluten y así servir como factor de crecimiento para la levadura. Ese tipo de agua da buen sabor al pan (7).



Las sustancias minerales disueltas en el agua representan sólo una pequeña fracción de las sustancias inorgánicas contenidas en los productos horneados, pero su cantidad y calidad tienen a menudo una notable influencia sobre la facilidad de trabajar la masa, sobre su aspecto y consistencia de los productos acabados.

Por ejemplo, sales como óxido de calcio, carbonato de calcio, sulfato de calcio, cloruro de magnesio, óxido de magnesio y bicarbonato de sodio influyen en la fermentación.

La masa que contiene solo agua fija es rígida, inelástica y sin vida. Solo aquella porción de agua que no se requiere para lograr la capacidad de hidratación de la harina, queda libre para contribuir a la movilidad de la mezcla de agua y harina.

La relación óptima de agua a harina en la masa varía de acuerdo con la harina, ya que aquellas de trigo mas duro tiene una mayor capacidad para retener agua (91).

### ***3.3.4 Características microbiológicas.***

Son aquellas debidas a microorganismos nocivos a la salud humana. Para efectos de control sanitario se determina el contenido de indicadores generales de contaminación microbiológica, específicamente organismos coliformes totales y coliformes fecales. Bajo situaciones de emergencia, las autoridades competentes deben establecer los agentes biológicos nocivos a la salud a investigar (79).

El contenidos de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en el cuadro 3.5

**Cuadro 3.5** Limites permisibles de organismos en muestra.

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	2 NMP/100 ml 2 UFC/100 ml
Organismos coliformes fecales	No detectable NMP/100 ml Cero UFC/100 ml

*Fuente: NOM-127-SSA1-1994.*

Los resultados de los exámenes bacteriológicos se deben reportar en unidades NPM/100 ml (número más probable por 100 ml), si se utiliza la técnica del número más probable o UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias por 100ml), se utiliza la técnica de filtración por membrana (79). En el cuadro 3.6 se clasifica el agua en relación con el número de bacterias presentes.

**Cuadro 3.6** Clasificación bacteriológica del acuífero utilizado como fuente de agua potable (según la O. M. S.)

Clasificación	Bacterias
I Agua que precisa sola la esterilización	0-50
II Agua que precisa coagulación, filtración y esterilización.	50-5000
III Agua que requiere un tratamiento especial.	5000-50000
IV Agua no susceptible de ser usada, salvo imposibilidad de recurrir a otras fuentes.	>50000

*Fuente: Quaglia, 1991.*

### 3.4 Sustancias grasas.

Las grasas representa una de las sustancias naturales más importantes; su estructura molecular se caracteriza por la unión entre ácidos grasos (91).

Aceites y grasas comestibles son aquellos productos que mediante procesos industriales (refinación, hidrogenación o endurecimiento) han sido preparados para su transformación y aplicación en distintos usos (12).

#### 3.4.1 Clasificación de sustancias grasas en panadería.

En la figura 3.3 se muestra como se clasifica las grasas según tenga agua o no.



Figura 3.3 Clasificación de sustancias grasas (12).

### ***3.4.2 Características de las grasas.***

***Rancidez.*** Este efecto no deseado se produce con glicéridos que tienen mayor insaturación como la lanolina, que al tener contacto con el oxígeno del aire produce el enranciamiento. Su olor es muy fuerte y el sabor desagradable (12).

Sabiendo que esto se produce al contacto con el oxígeno, es importante evitar la exposición de panes y bollos durante mucho tiempo.

***Sabor.*** Su sabor es característico y es muy contradictorio, pues los hay con sabor agradable y desagradable; estas últimas muy modificadas para ser admitidas en panificación.

***Color.*** Son valores variables pero que se mueven en un rango pequeño. Los pigmentos que le dan color a los aceites se elaboran por absorción mediante sustancias inertes como las arcillas. Primero se mezclan con estas sustancias y luego es filtrado quedando la mayor cantidad de color con el material blanqueador. Esto hay que tenerlo en cuenta porque los aceites de origen vegetal sobre todo, son de color muy intensos (12).

### ***3.4.3 Propiedades de las grasas para la panificación.***

Algunas de las propiedades de las grasas que necesita la industria de la panadería para impartir características son las siguientes:

#### ***Propiedad de lubricación.***

Es el factor que tienen las grasas para elaborar productos de panificación crujientes y suaves. Este factor se mide por compresión sobre el pan y dependiendo de la resistencia que emita; así es su efecto. Una miga muy crujiente y seca, romperá pronto y por tanto no tiene características de lubricación (12).

Se ha comprobado que pequeñas dosis de margarina en las masas de pan sin llegar a alterar su forma, facilitan un pan flexible durante más tiempo. Facilita cortezas de características más suaves (12).

#### ***Propiedad extensible.***

Este factor es muy notable sobre todo en aquellos procesos automáticos, que necesitan masas muy extensibles y es la grasa en poco porcentaje, quien ayuda a convertir una masa de pan tenaz, en algo más extensible (12).

#### ***Propiedad volumétrica.***

Es sabido que las grasas animales como la manteca, proporcionan más volumen y más hojaldrado en la bollería, pero incluso en porcentajes de 1% para pan común, un 3% de pan francés o un 6% en pan de molde, la utilización de grasas favorece el aumento del volumen (12).

### *Propiedad emulsificante.*

La grasa se dispersa en el amasado en pequeñas cavidades. Cuanto más finas son estas cavidades, se producen panes más finos, además favorecen un alveolo más uniforme y fino como sucede en el pan de molde (12).

Las grasas repelen el agua pero al interconectarse con moléculas de agua producen un efecto emulsificador en donde tiene mucho que ver el gluten de la harina (12).

Por lo tanto se puede resumir que las grasas en los productos de panificación:

- ✚ Ayudan a dar sabor al pan.
- ✚ Aumentan el volumen del pan.
- ✚ Aumentan la extensibilidad de la masa.
- ✚ Produce cortezas más finas.
- ✚ Aumenta la flexibilidad del pan durante más tiempo con lo que se conserva mejor.
- ✚ Aumento del valor nutritivo.
- ✚ Aumento de calorías.

### **3.5 Sal.**

La sal o cloruro de sodio constituye un elemento indispensable para la masa del pan. La sal que ha de usarse en la panificación debe responder a las siguientes características (91, 12, 82):

- a) Bajos costo por lo que se usa la sal gorda tal y como se extrae de las salinas.
- b) Su solución acuosa debe ser limpia y sin sustancias insolubles depositadas en el fondo.
- c) Debe contener pequeñas cantidades de sales de calcio y de magnesio.
- d) Debe ser salada y no amarga.

### *3.5.1 Acción bioquímica de la sal en la panificación.*

La sal actúa principalmente sobre la formación del gluten, la gliadina tiene menor solubilidad en el agua con sal, lo que da lugar en una masa obtenida con agua salada a la formación de una mayor cantidad de gluten.

El gluten formado tiene fibras cortas, como consecuencia de las fuerzas de atracción electrostáticas que ocurren en la malla formada con la sal, se presenta rígido, confiriendo a la masa mayor compacticidad con respecto al gluten obtenido sin sal (91).

Cuando se adiciona sal, dosificada según el tipo de harina, aumenta la compacticidad de las masas haciéndoles más fáciles de trabajar. Como consecuencia de esto, también es posible una mejor hidratación de la masa, sin que se vuelvan pegajosas.

En el caso de gluten demasiado tenaz o corta es preferible añadir la sal al final de la operación de amasado, cualquiera que sea el sistema que se adopte, tanto si se trata de masa fermentada con azúcar como si se trata de una masa normal (91).

Con el amasado directo y con la actual utilización común de las amasadoras de alta velocidad, la sal se añade al final para impartir propiedades antioxidantes, ya que retrasa la oxidación de la masa reduciendo su blancura (70).

La sal por su propiedad antiséptica actúa también durante la fermentación retardando especialmente las fermentaciones secundarias de los microorganismos productores de ácidos acético, butírico y el láctico y disminuye el desarrollo del CO<sub>2</sub>, con una relativa disminución de la porosidad del producto final (91).

Favorece la coloración de la superficie del pan, dando a la corteza una coloración más viva, haciéndola más crujiente y confiriéndole un aroma más intenso, respecto al pan sin sal (68).

También influye en la duración y estado de conservación del producto, debido a su capacidad para absorber agua, mientras que en un pan conservado en un ambiente seco la sal reduce la migración de humedad del producto al aire retrasando el que la corteza se seque y endurezca, en el pan conservado en un ambiente húmedo, la sal tiende a adquirir la humedad del aire introduciéndola en el producto, ejerciendo un efecto negativo sobre el tiempo de conservación (91).

La opción de incorporar la sal al comienzo del amasado para el caso de que se emplee el sistema directo, depende de la necesidad de mantener el color blanco marfil de miga, que de otro modo, debido a la oxidación de la masa, tendería a blanquearse excesivamente (68).

La proporción de utilización varía desde 1.5 al 3% dependiendo del tipo de pan y no se recomienda el empleo de sal de masa pues tiene añadido carbonato magnésico. Para harinas débiles se recomienda aumentar la dosis de sal (7).

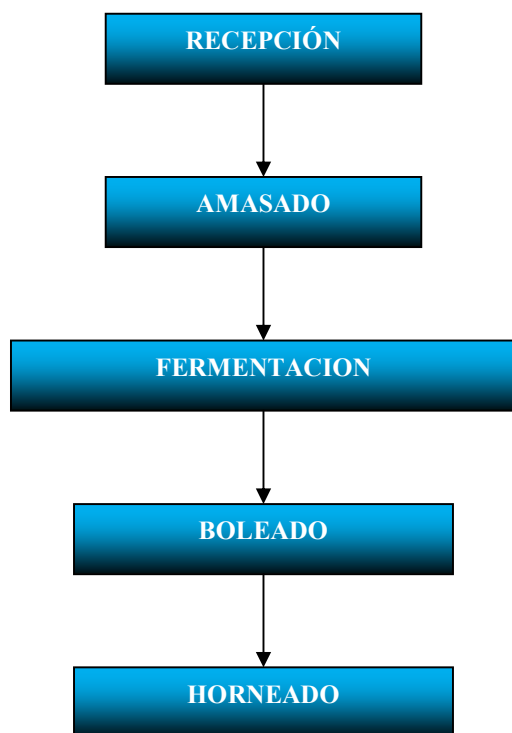
En la panificación con amasado directo se aconseja una proporción de sal de un 2% adicionándola al comenzar el amasado, mientras que en el amasado clásico debe reducirse su cantidad a la proporción de 1.8% (91).



#### 4. EL PROCESO DE PANIFICACIÓN.

Los productos panificados comprenden distintos tipos de pan, así como diferentes panecillos, bollos y productos de pastelería fina.

A pesar de las diferentes clases y tipos de los diferentes ingredientes de las formulaciones, se puede considerar un esquema general de flujo para el proceso completo en la elaboración de pan y productos panificados (1). En la figura 4.1 se muestra el diagrama de bloque para la elaboración de pan.



**Figura 4.1** Diagrama de bloques general para elaborar pan (1).

#### 4.1 Etapas principales en un proceso de panificación.

##### 4.1.1 Amasado.

Durante un amasado son varios los efectos que se producen y que todos ellos hacen posibles el efecto masa-pan. Hay un cambio de estado natural de las materias primas, que de ser simples ingredientes individuales, al añadir el agua se produce el efecto de **homogenización** que transforma estos ingredientes en un solo cuerpo llamado masa (12).

El amasado conlleva una serie de cambios físico-químicos en los ingredientes que conforman la masa, pues es en este punto del proceso de elaboración del pan cuando se mezclan y se origina el producto final destinado al horneado. Durante el amasado se forma una red de proteínas y de glicolípidos en torno a los gránulos de almidón, los cuales sufren en la superficie un inicio de gelatinización y la liberación de amilosa. Esta red deformable sería responsable de las propiedades organolépticas de la masa (103, 87).

##### 4.1.1.1 Bioquímica en el amasado.

Hay que tener en cuenta que la panificación es uno de los procesos bioquímicos más complejos que existen.

En él coexisten diversos constituyentes altamente reactivos como son los carbohidratos, las proteínas y los lípidos, además de numerosas y diferentes actividades enzimáticas y un número importante de microorganismos, que pueden ser antagónicos o sinérgicos. Por ello, el resultado final dependerá de las materias primas que utilicemos y de las condiciones en las que se lleve a cabo el proceso (87).

### *(a) Absorción del agua.*

El proceso del amasado permite la absorción de agua por las proteínas y los gránulos de almidón. La cantidad de agua a mezclar con la harina para conseguir una consistencia estándar por regla general es de 55-61 partes por 100 partes de harina, aumentándose proporcionalmente con los contenidos de proteína y almidón lesionado de la harina (103).

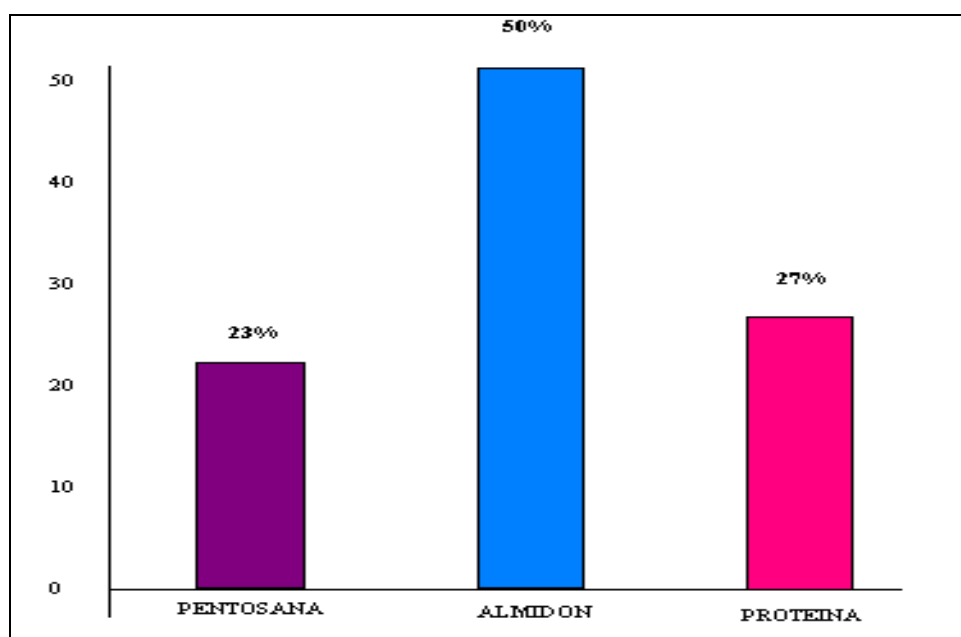
Durante el amasado la harina absorbe agua, la cantidad de agua absorbida dependen de diversos factores como la granulometría, el contenido proteico, calidad, humedad de la harina, y la presencia simultánea de otras sustancias, el grado higrométrico y del grado de consistencia que se quiere dar a la masa (91).

El amasado permite la absorción del agua (por las proteínas y gránulos triturados de de almidón) y el desarrollo de la elasticidad y extensibilidad del gluten, debidos probablemente a la oxidación al aire de los grupos sulfhidrilo y al reagrupamiento de enlaces bisulfuro, originándose un cambio en la distribución de las proteínas de la harina, lo que favorece la retención del gas producido en la fermentación, el gluten a la vez es suficientemente extensible para permitir que aumente el volumen del pan (1, 103).

La absorción del agua durante el amasado se debe principalmente por la proteína de la harina que aumenta el doble de su volumen inicial, por el almidón dañado que oscila entre un 7% a un 5% de su total de almidón y que ejerce un efecto de absorción rápido, por la pequeña proporción de dextrinas constantes en la harina antes de la actuación de las enzimas diastásicas ( $\alpha$ ,  $\beta$ . Amilasa, glucosidasa y amiloglucosidasa y por último las pentosas (12).

La mayoría de las veces las proteínas se combinan entre si para formar una masa viscoso-elástica; en efecto la gliadina y la glutenina en presencia de agua se combinan para formar el gluten, sustancia que por su elasticidad e impermeabilidad a las grasa tiene un función fundamental en las características del producto (12).

En la figura 4.2 se puede observar como la absorción mayor es realizada por el almidón que puede llegar incluso hasta el 55% del total del agua; luego las proteínas y en menor cantidad las pentosanas (12).

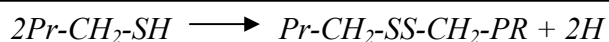


**Figura 4.2** Absorción de agua en el amasado (12).

Durante la fase de amasado tienen lugar otros fenómenos no menos importantes que la hidratación, como son los procesos óxido-reductores debidos a la absorción de aire (91).

Tales procesos, favorecidos por la presencia de agua y de una temperatura y un pH adecuados, permiten la formación de enlaces di sulfúricos con la oxidación de grupos tioles presentes en las moléculas de las proteínas, que conforman el gluten y son hidrosolubles; la formación de estos enlaces confiere a la red glutínica mayor resistencia y por tanto mejores propiedades reológicas a la masa (12).

La reacción de la formación de enlaces di sulfúricos puede esquematizarse de la siguiente manera:



***(b) Aumento de volumen.***

Es producido primeramente por su contacto con el oxígeno y posteriormente por la incorporación de células de levadura; aclarando que durante el amasado ya existe una fermentación, desde el momento en que se incorpora la levadura comienza la metabolización de los azúcares libres de la harina. Por tal motivo se recomienda, en obradores donde no hay una climatización de la zona de amasado, que se añada la levadura al final del proceso (12).

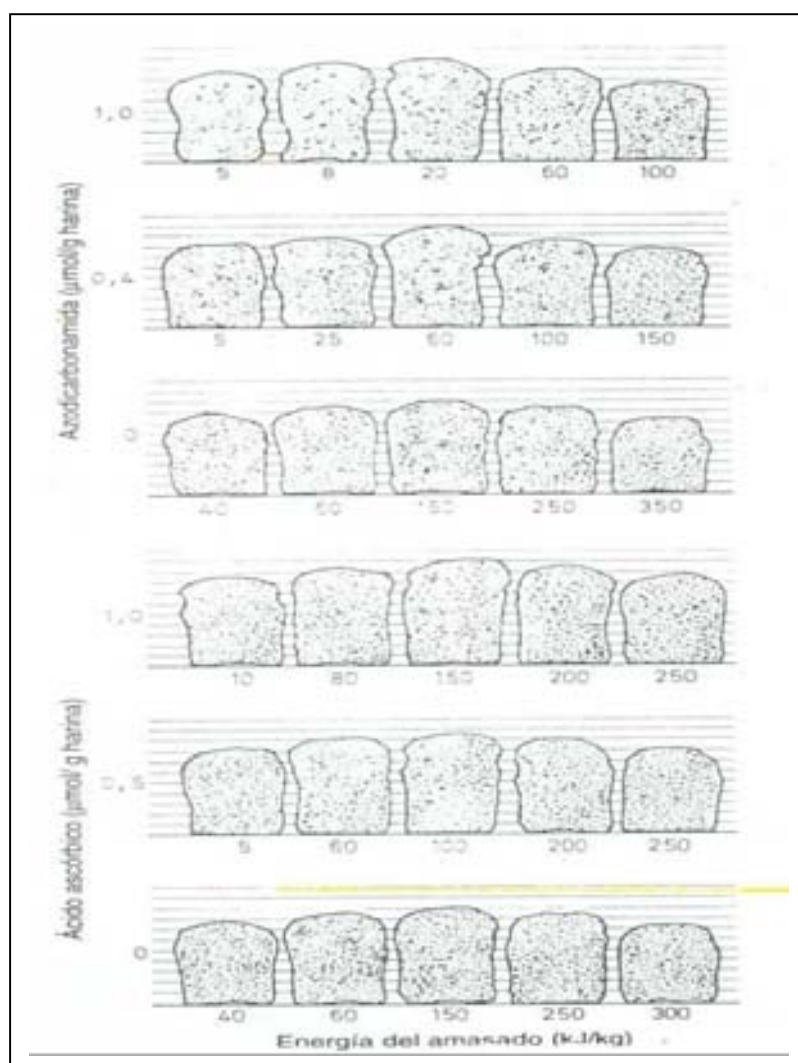
***4.1.1.2 Efecto del amasado en las características del pan.***

La energía aportada, las propiedades de la masa y el volumen de cocción están interrelacionados. Para cada masa, el volumen pasa por un óptimo que depende de la energía de amasado aportada.

En las harinas de gluten débil es más bajo que en las harinas de gluten fuerte y en él influyen los mejoradores de la harina. Una vez que el amasado sobrepasa el máximo, la masa se hace más húmeda, empieza a pegarse a las paredes del equipo y su capacidad de retención de gas disminuye.

El desarrollo de la masa de las harinas de trigo requiere el doble de tiempo de amasado que las harinas de centeno. La mezcladora no amasa propiamente, sino que rasga y corta la masa. Esto puede afectar negativamente la estabilidad de ésta, hasta tal punto que sólo puedan fabricarse panes de molde (en donde las paredes del molde mantiene la masa), pero no panes con formas que se automantienen (102).

En la figura 4.3 se muestra el efecto de la energía del amasado en relación con el volumen del pan.



**Figura 4.3** Relación entre el volumen del producto horneado y la energía del amasado (103).

Se puede apreciar que al emplear ácido ascórbico se requieren cantidades altas de energía (100-150 kJ/kg) en el amasado para un producto con volumen, mientras que para la azodicarbonamida se puede iniciar con bajas cantidades (20 kJ/kg) hasta 150 kJ/kg. Cabe mencionar que para ambos casos, realizar un exceso de amasado disminuye el volumen en el pan.

### *4.1.2 Fermentación.*

Una de las características que se puede controlar es la velocidad de la fermentación, dado que el tiempo que la masa tarda en fermentar depende de diversos factores, muy particularmente de la temperatura. La levadura es más activa y actúa más rápidamente a temperaturas por encima de 20°C.

Normalmente una masa se fermenta a 26°C-28°C, o incluso 40°C ó 43°C de temperatura de cámara en el caso del pan de molde. Como consecuencia de ello, si bajamos la temperatura, el tiempo de proceso disminuye e, incluso, si descendemos hasta los 2 o 3 °C se puede llegar a detener la fermentación (87).

En cualquier fermentación panaria deben producirse tres etapas fundamentales y nunca considerar el tiempo de fermentación como único durante la fermentación en la cámara o en maseras ya que se produce una primera fermentación en la amasadora (12).

**PRIMERA ETAPA.** Es una fermentación muy rápida y que dura relativamente poco tiempo. Se inicia en la amasadora al poco tiempo de añadir la levadura ya que las células de *Saccharomyces cerevisiae*, comienzan la metabolización de los primeros azúcares libre existentes en la harina. Aunque es un porcentaje pequeño el que posee la harina de glucosas; es sobre estas, sobre las que primero comienza la metabolización (12).

**SEGUNDA ETAPA.** Es la etapa más larga y aunque en muchos casos la actividad de las enzimas diastásicas comienza muy pronto, su etapa degradatoria es larga. Se considera la etapa en las que  $\alpha$ -amilasa,  $\beta$ -amilasa, glucosidasa y amiloglucosidasa actúan sobre el almidón. Es en esta etapa donde ya se produce la mayor cantidad de fermentación alcohólica pero donde a su vez comienza a producirse las distintas fermentaciones complementarias como son la fermentación butírica, láctica y acética.

Si se incorpora masa madre al amasado, se puede decir que el efecto es paralelo ya que estas funciones se están desarrollando dentro de la masa madre antigua. Este tiempo puede considerarse desde el reposo de las piezas, a la fermentación en cámara o mezcladora, siendo estos tiempos bastantes largos (12, 104).

**TERCERA ETAPA.** Normalmente es una fermentación de corto tiempo, aunque tiene mucho que ver con el tamaño de la pieza, ya que se finaliza cuando el interior de la pieza de pan posee  $55^{\circ}\text{C}$  porque a ésta temperatura las células de levadura mueren. Debido a esto, el tiempo será mayor si es una hogaza con corteza gruesa, que en una barrita o pulga con corteza fina, ya que el calor penetra rápidamente al poco tiempo de introducir los panes al horno (12).

### *4.1.2.1 Aspectos químicos de la fermentación.*

En la fermentación ocurren diversos cambios entre los que se mencionan:

- ✚ Aumento de volumen en la pieza.
- ✚ Producción de aromas.
- ✚ Textura fina y ligera.



Este proceso está definido como el reposo de las piezas, ya formadas en condiciones favorables y a veces controladas, de humedad y temperaturas; produciéndose dicho aumento de volumen gracias a la producción y retención de gas y a las modificaciones de las características plásticas de la masa permitiendo dicha expansión.

Como se mencionó la fermentación comienza en el amasado y finaliza en el horno, produciéndose paralelamente la muerte de células de levadura y la estructuración del pan. Para ello es necesario un equilibrio entre ambas reacciones, para poder retener la gasificación sin que el pan se debilite a la entrada del horno y para una correcta fijación de la estructura del pan (12).

Otras características que favorecen una correcta fermentación es la incorporación de aire durante el amasado para formar los alvéolos y conferir una textura más fina de la miga, es un factor fundamental, porque los alvéolos producidos inicialmente tienen oxígeno en su interior (oxigenación de la masa), el cual se disuelve quedando nitrógeno y al producirse la fermentación es sustituido por el anhídrido carbónico. Además todos los microorganismos necesitan del oxígeno para desarrollar una masa con buena textura (104).

El alvéolo final y su tabique alveolar dentro de la miga tienen mucha relación con la capacidad fermentativa y, aunque su flexibilidad viene dada por los lípidos y las pentosanas, la estructura de la masa se forma durante la fermentación.

La desaparición del oxígeno es relativamente rápida, ya que se disuelve en el agua y se consume rápidamente por los microorganismos y células de levadura. El nitrógeno que queda dentro de los alvéolos, y se ve desplazado por el CO<sub>2</sub> hasta que se satura la fase acuosa de la masa. Conforme aumenta el gas dentro del alvéolo, se produce una sobre presión que debe ser retenida por las cadenas de proteínas. En esta fase se tiene la mayor capacidad de retención de gas (12).

Si existiesen porosidades o mala calidad de las proteínas, se produciría mucho gas, el cual se perdería y el tiempo de fermentación sería muy largo para alcanzar el volumen adecuado, lo que a su vez ocasionaría que la masa se debilita a la entrada del horno y producir panes de menor volumen (12).

La capacidad de retención va reduciéndose con el tiempo y su momento más crítico es a la entrada del horno, ya que el fuerte aumento de la temperatura produce aumento de presión de los gases retenidos y estos a su vez, un aumento del volumen de la pieza evaporándose en etanol y parte del agua de la masa. Por ello es tan importante mantener una buena capacidad de retención de gas para mantener un buen volumen de la pieza sin debilitamientos que producen panes caídos, planos y de mal aspecto a la vista del consumidor.

Es aquí donde se determina la importancia que tiene las proteínas o red gluten: si su calidad-cantidad, es buena se asegura un buen volumen produciendo un buen reparto del gas por toda la zona alveolada (12).

### ***4.1.2.2 Formas de fermentar.***

#### *Fermentaciones en bloque.*

Se realizan fermentaciones con la masa finalmente amasada, dejándolas del orden de 2-6 h según el tipo de pan que se quiere fabricar. Normalmente se busca un alveolado poco uniforme con alvéolos grandes y pequeños. Suelen ser unos panes con cortezas gruesas y de buen sabor, alarga la vida de conservación del pan. Estos panes necesitan de una segunda fermentación en pieza y su división manual (12).

### *Fermentación en pieza.*

Existen diversas formas en las que se lleva a cabo la fermentación, debido a que algunas piezas tienen un reposo previo que normalmente se hace en cámara de cinta o balancines. Otros son fermentados en cintas automáticas con control de temperatura y humedad como ocurre en las líneas automáticas de pan común (12).

### *Fermentación controlada.*

Es un sistema de fabricación adaptado a las masas de pan y bollería, que permite regular el proceso fermentativo del producto, mediante la variación de la temperatura y la humedad (36). La fermentación controlada permite:

- Control de la velocidad de fermentación.
- Reducción de las horas de trabajo nocturno.
- Pan con mejor sabor y más natural.
- Pan fresco disponible a toda hora.
- Seguridad de no sobrefermentar.

La fermentación controlada es una técnica que ha permitido la eliminación de la mayor parte del trabajo nocturno de los panaderos tradicionales. Asimismo se permite adecuar en el momento de la producción de pan al consumo que se vaya produciendo en la sala de ventas, y es una nueva técnica aplicando el frío donde se paraliza la fermentación (39, 10, 11).

La fermentación controlada se divide en dos partes:

**Primera:** el Bloqueo, en el cual se para o se disminuye a su mínima expresión la fermentación.

El bloqueo de la fermentación se logra bajando la temperatura rápidamente en un lapso de tiempo lo más corto posible. Para obtener  $+ 2^{\circ}\text{C}$  de temperatura en el centro de la masa. Esta es la temperatura ideal para conservar la masa sin actividad fermentativa, preservando la levadura (11).

**Segunda:** el calentamiento con la reanudación y el desarrollo de la fermentación.

Esta fermentación requiere, de forma programada, y debido a la refrigeración de las piezas ya formadas, se detiene la actividad de las levaduras y la gasificación de las piezas por temperaturas bajas (11).

### *Fermentación aletargada.*

Es un proceso que últimamente se ha adaptado a algunas panaderías. Es muy ventajoso para el panadero, ya que con una misma masa puede tener pan reciente todo el día y no necesita grandes inversiones para la adaptación de esta tecnología (12).

#### **4.1.3 Boleado y división.**

El propósito del boleado es producir una capa seca en las piezas individuales con el fin de admitir un formado suave y donde no existan desgarres en la masa, provocados por los rodillos de la formadora. Elimina el exceso de gas que se haya podido producir (21, 68).

La división se realiza en dos etapas diferentes:

- ✚ División y pesado de una gran masa.
- ✚ Subdivisión volumétrica después.

Este proceso no perjudica la masa más de lo que se puede hacer con una división a mano, el problema se produce cuando se hacen masas muy grandes, porque este muy elevada la temperatura de las masas o porque exista ya una pequeña fermentación; es entonces cuando encontramos diferencias de peso de las primeras piezas del mismo volumen pero de menor peso (12).

Se han llegado a obtener en máquinas automáticas como el efecto de compresión sobre la masa daña físicamente la pieza y se traduce en una miga tupida y un ligero defecto de volumen final del pan.

En esta etapa es cuando se detectan anomalías y se decide hacer la divisora con un solo paso, del de aspiración que fuerza tanto las masas y elimina los errores anteriores.

Cuando se hace una división por máquina el tiempo es fundamental ya que normalmente una masa debe ser dividida entre 10 y 15 segundos, de otro modo se encontraría con problemas de desgasificación.

Si el tiempo es mayor producirán masas con principio de fermentación, elevadas temperaturas y de acidez que provocará masas pegajosas, excesivamente viejas que provocarán pesos variables, color de corteza desigual y ausencia de sabor y siendo su almacenamiento muy corto. Otro factor a considerar es que los aceites utilizados en la división deben ser insípidos e inodoros y nunca utilizarlos en exceso, ya que si es absorbido por la masa producirá alvéolos muy grandes, masa excesivamente extensible y alteraciones en el sabor del pan (12).

En la división a mano se producen también alteraciones de calidad ya que se demanda un gran cuidado. Excesivos cortes en la pieza producirán alteraciones en el producto horneado.

En este método es muy habitual la utilización de la harina para espolvoreo y esa circunstancia cuando es excesiva, provoca vetas en la miga después del horneado o pliegues mal cerrados, por lo tanto, la división a mano debe realizarse con cuidado, ya que el aspecto no es uniforme y la calidad se deteriora (12).

### ***4.1.4 Horneado.***

El proceso de horneado consiste en una serie de transformaciones de tipo físico, químico y biológico que permiten obtener al final del mismo un producto comestible y de excelentes características organolépticas y nutritivas.

La temperatura del horno y la duración de la cocción varían según el tamaño y el tipo de pan; la temperatura oscila entre 220 y 275 °C.

Una vez colocada la pieza en el horno, el calor se propagará del ambiente hasta el interior, atravesando la superficie superior y lateral (transmisión de calor por convección y conducción) y desde la base del horno atraviesa la superficie inferior; en el producto se establece un gradiente de temperatura con un máximo, inicialmente de 100°C.

En esta fase ocurre un movimiento (de interior a exterior) de moléculas de agua que, al llegar a la superficie se evaporan ( $T^{\circ}$  evaporación= 100°C) por lo cual la temperatura del producto disminuye en el interior (91).

Durante el desarrollo de la cocción existe una disminución de las moléculas de agua que alcanzan la superficie y se evaporan, y por ello existe un gradual aumento de la temperatura sobre la superficie externa que provoca la formación de la corteza, tanto más gruesa cuanto más dure la fase de la cocción.

Al final, en caso de que el flujo de agua cese completamente, se llega al punto de carbonización. La temperatura que se alcanza en el interior del producto es inferior a 100 °C y depende del tamaño y duración de la cocción.

En piezas de 60 g la temperatura de 65 °C se alcanza después de 6 minutos con una temperatura de horno de 275°C, en piezas de 1 kilo. Tal temperatura se alcanza después de 16 minutos y en panes de 2 kilos de 25 minutos.

Se puede concluir que en el interior del pan no se superan los 98°C; sólo en piezas de 2 kilos se podrían alcanzar los 100 °C debido a la mayor duración del proceso de cocción.

Temperaturas superiores a 100 °C se alcanzan en ocasiones sobre la superficie, aunque no deben superar los 120-140 °C, pues de otro modo se produce un color demasiado oscuro y un sabor amargo (91).

Con el aumento de la temperatura en el interior del pan ocurre una serie de fenómenos con transformaciones químicas, físicas y biológicas, que se expresan en el cuadro 4.1

**Cuadro 4.1** Cambios durante el horneado en la masa.

Temperatura °C	Fenómenos que ocurren en el interior de la masa durante el horneado.
30	Expansión del gas y producción enzimática de azúcares.
45-50	Muerte de sacaromicetos.
50-60	Fuerte actividad enzimática, inicio de la solubilización del almidón.
60-80	Final de la solubilización del almidón.
100	Desarrollo y producción del vapor de agua, formación de la corteza, que cede agua.
110-120	Formación de dextrina en la corteza (clara y amarillenta)
130-140	Formación de dextrina parda.
140-150	Caramelización (bronceamiento de la corteza)
150-200	Producto crujiente y aromático (pardo oscuro)
>200	Carbonización de la pieza (masa porosa y negra).

*Fuente: Quaglia, 1991.*

Durante el horneado existen errores comunes como son el calor insuficiente o excesivo del horno, calor inicial intenso, exceso o falta de vapor, falta de espacio entre las piezas, etc, y que deberán ser controlados pues repercuten en la calidad del pan.

Cuando el calor no es suficiente en el horno puede ocasionar un pan ácido con exceso de volumen (pues no detiene la actividad enzimática), color pálido (no alcanza a caramelizar los azúcares), la corteza gruesa (por efecto secante), y excesiva pérdida de humedad, peso, pérdida del rango de conservación (17).



El calor excesivo produce un pan de poco volumen, corteza oscura y rígida y lados blancos, grandes hoyos en la miga.

El calor inicial intenso se puede controlar si se hornea sin períodos de descanso, haciendo uso de templadores, manteniendo la humedad del horno (17).

### *4.1.4.1 Fenómenos físicos, químicos y bioquímicos durante el horneado.*

A temperatura inferior de 55°C, la levadura continúa activa por lo que la fermentación prosigue, sólo una vez alcanzados los 65°C la actividad de la levadura y de las enzimas se detiene, y al mismo tiempo comienza la coagulación del gluten y la parcial dextrinización del almidón: la totalidad de estos fenómenos junto con la eliminación del agua hace perder a la masa la consistencia plástica y asume una estructura rígida.

La temperatura de la masa permanece inferior a 100°C, salvo la superficie donde se produce un endurecimiento por desecación (corteza) y un pardeamiento no enzimático. Este pardeamiento va acompañado de la formación de compuestos odorantes (maltol, en particular). En dulcería, como se añade a la masa cantidades elevadas de sacarosa y a veces de otros azúcares, se debe procurar que el pardeamiento no enzimático sea el apropiado: en efecto, se sabe que reduce la digestibilidad de las proteínas y la disponibilidad de la lisina.

Por otro lado el horneado provoca una gelatinización parcial de los gránulos de almidón y por consiguiente, aumento en su digestibilidad. El calor también origina una pérdida de vitamina B<sub>1</sub>. El calor coagula a las proteínas de la masa, en particular las albúminas y globulinas. La estructura esponjosa del pan queda estabilizada (91).

Al final del horneado, el contenido en agua de la masa es aproximadamente del 45%. Es preciso evitar que se produzca una rehidratación durante el enfriado, porque provocaría un endurecimiento de la masa y ablandamiento de la corteza (1).

Además la temperatura conduce a la eliminación del gas en la masa y de las sustancias volátiles y aromáticas como los alcoholes, los éteres y todos aquellos productos derivados de la reacción de Maillard entre azúcares y aminoácidos y se forma el aroma característico del pan. Además de que se matan a todas las levaduras y a todos los posibles contaminantes excepto a formas de resistencia, que pueden provocar contaminaciones a las 24-36 horas (91, 37).

### **4.2 Métodos de amasado.**

Los métodos de panificación varían en función de la tecnología empleada. El instituto Canadiense de granos y semillas divide los métodos de panificación en métodos convencionales y recientes (17).

#### ***4.2.1 Métodos convencionales.***

Los métodos que se incluyen en este grupo son: método directo, el de esponja-masa y el de esponja líquida. Las variantes entre uno y otro radican principalmente en la forma de mezclado y en la cantidad de ingredientes que se ponen a fermentar después del mezclado el proceso es el mismo (16).

#### ***4.2.1.1 Método directo.***

El método directo, consiste en mezclar simultáneamente los diversos ingredientes excepto la levadura que es incorporada cinco minutos antes de la finalización del amasado hasta formar una masa todavía no perfectamente homogénea. Este sistema requiere un 10% más de levadura que el método de esponja.

En este punto, se realiza un periodo de reposo que permite completar la hidratación, la formación del gluten y controlar las características de la masa por parte del manipulador. El período de reposo oscila entre los 3 y 5 minutos tras los cuales comprende el amasado, completándolo.

La duración completa del amasado depende del tipo de máquina amasadora, utilizada y de las características de la harina: harinas fuertes necesitan más tiempo de amasado que las débiles; también el tipo de amasadora influye en la duración de la operación por las diferentes velocidades y energía suministrada (91).

#### ***Descripción del proceso por método directo.***

##### *Mezclado.*

Los ingredientes se mezclan de una sola vez y se dejan fermentar diferentes periodos dependiendo del tipo de pan a elaborar.

##### *Fermentación.*

Se lleva a cabo en cámaras de fermentación y a condiciones de refrigeración de manera controlada.

### *Ponchado.*

Una vez terminada la fermentación, se poncha la masa y se le dan golpes contra la mesa para la reactivación de la levadura.

### *Moldeado.*

Se procede a la formación de las piezas de pan de forma manual o mecánica.

### *Segunda fermentación.*

La pieza se coloca en charolas engrasadas en un orden adecuado considerando el aumento de volumen y la siguiente fermentación y se somete de nuevo a cámaras de fermentación o se refrigera para su posterior cocción.

### *Horneado.*

Se mantiene un orden de horneo dependiendo de las temperaturas manejadas para cada pieza de pan y de acuerdo al tiempo que necesite para su cocción.

### *Enfriado.*

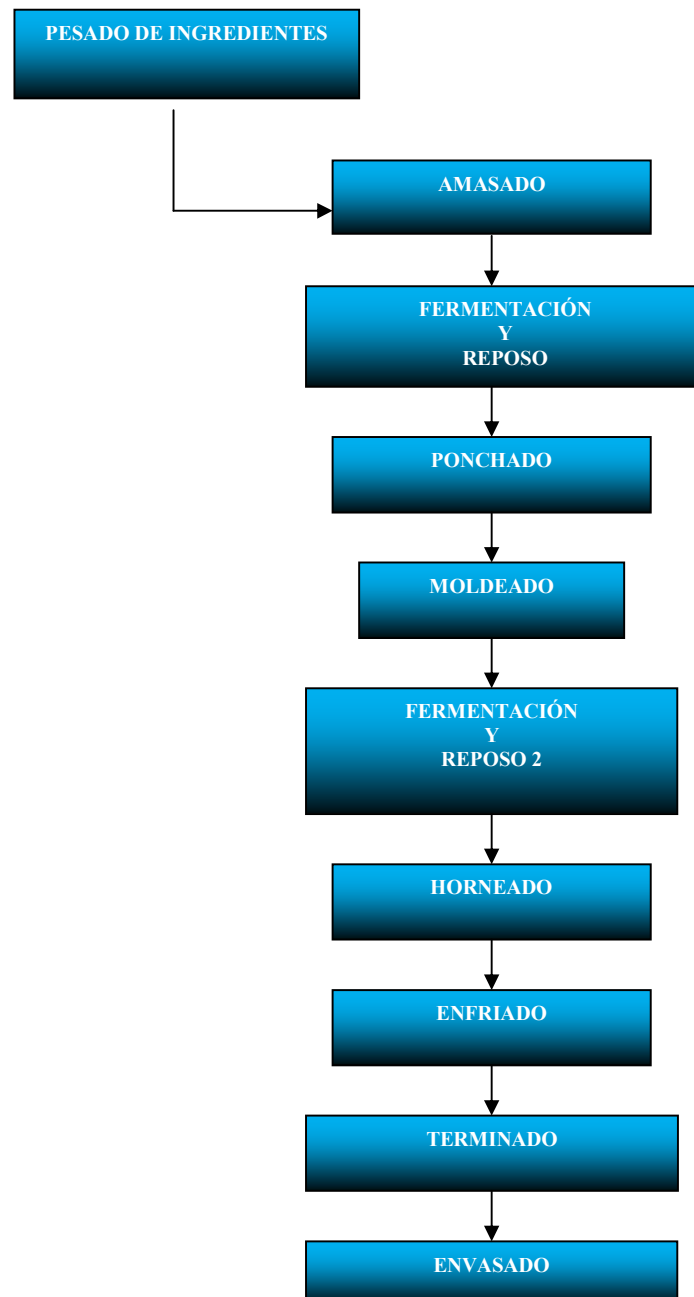
Este tiempo de espera se lleva a cabo durante la rotación de salida del horno y se completa en camino al terminado del pan.

### *Terminado.*

Consiste en dar la presentación final, se le puede barnizar hasta la adición de una cubierta o colocación de frutas o confituras. Es utilizado generalmente por las panificadoras pequeñas.

Su principal ventaja es que no requiere de equipo especial de mezclado, ni de mucha mano de obra, sin embargo, una de sus desventajas es el hecho de que la masa son menos tolerantes para prolongar el periodo de fermentación. Además las masas requieren de un mayor nivel de levadura para mantener una velocidad de fermentación razonable, haciéndola menos estable (17, 16).

En figura 4.4 se muestra las etapas por método directo.



**Figura 4.4** Proceso de elaboración de pan por método directo (17).

Este proceso requiere menos mano de obra, reduce el tiempo general de producción, y disminuye los márgenes de error, al tener menos manipulación y menos pasos que seguir, aunque también presenta ciertas desventajas: pan más insípido, textura áspera y menor volumen, si bien esta última característica puede ser suplida con la utilización de ciertos mejorantes (70).

### ***4.2.1.2 Método indirecto.***

- a) Método esponja-masa
- b) Método con levadura natural.

#### **(a) Método con esponja-masa.**

Con este método, el ciclo de panificación se divide en dos: una primera fase se refiere a la preparación de una masa-levadura y la segunda fase es la referencia al horneado de la masa.

En la primera fase la finalidad básica es provocar una rápida multiplicación de las levaduras, y por consiguiente un gran poder fermentante, alterando sólo una parte de la harina de la masa final y no provocando un decaimiento excesivo de las características mecánicas de la masa.

En la segunda fase, se añade la cantidad de harina y agua complementarias y solo en este momento se adiciona también la sal (1%) que es la primera sal adicionada ya que de lo contrario hubiera retrasado el proceso de fermentación (17).

La masa final se somete a una segunda fermentación de alrededor de una hora de duración, y después se corta y modela, y se cuece tras un reposo de una hora (91).

El método de elaboración indirecto presenta la ventaja de necesitar menor cantidad de levadura y consigue un pan de mejores características organolépticas, respecto al obtenido mediante elaboración directa, aunque respecto a este último se necesita un mayor tiempo de elaboración (17). En la figura 4.5 se muestran las etapas del proceso de elaboración de pan por método masa-levadura.



**Figura 4.5** Elaboración de pan por método masa-levadura (17).

**(b) Método con levadura natural.**

Se caracteriza por el empleo de levadura de pan, seleccionada de la masa hecha del día anterior, oportunamente fermentada y conservada en un ambiente refrigerado.

Esta masa representa un cultivo de microorganismos, siendo los más numerosos y útiles los sacaromicetos; otros son útiles (bacilos lácticos), debido a que la formación de ácido láctico favorece la actividad de fermentadora de los sacaromicetos.

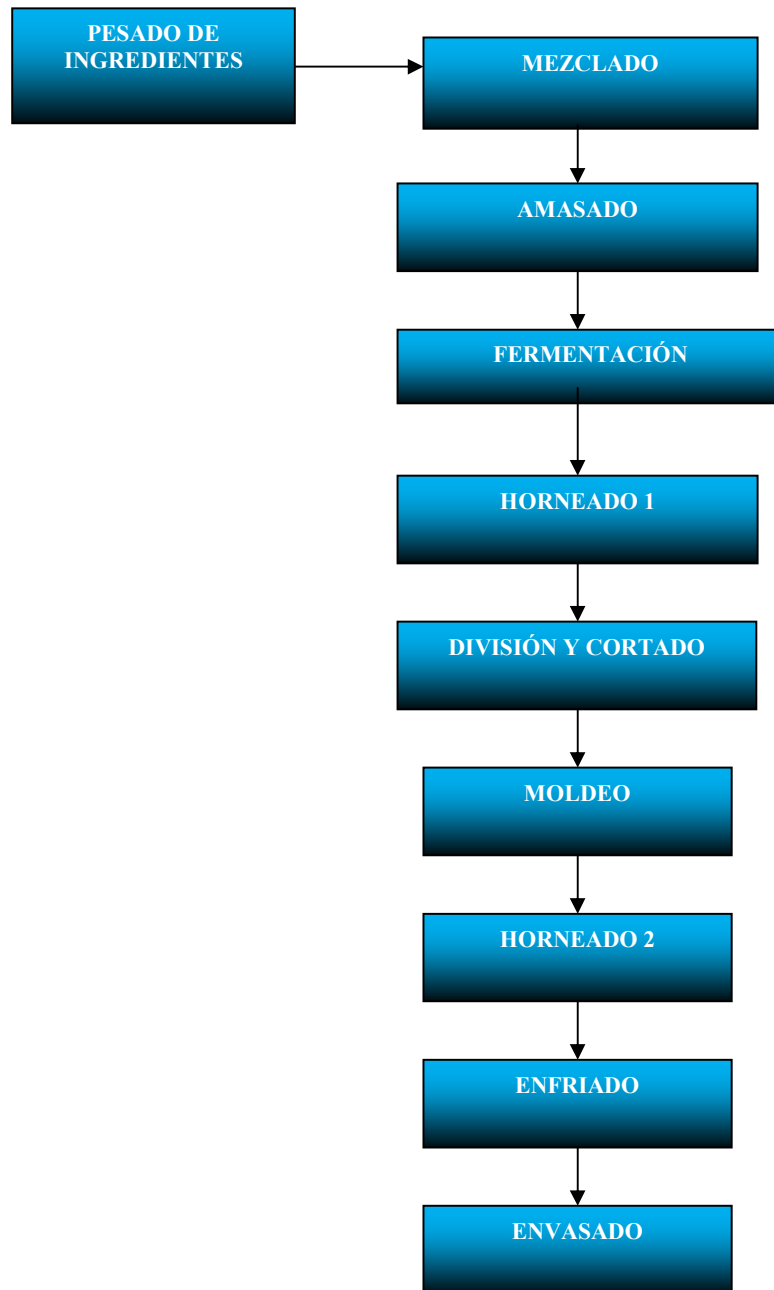
La formación del ácido láctico crea en la masa un pH y un medio ácido, que reduce la reproducción de las otras bacterias. Al ser imposible bloquear sólo el desarrollo del ácido acético a favor de la formación de ácido láctico, es por lo que tiene una importancia fundamental la proporción entre los dos ácidos que al término de un amasado obtenido en condiciones óptimas, debe ser 3:1 (ác. Láctico: ác. Acético) (16).

Respecto a la mayor o menor presencia de ambos ácidos, se ha demostrado que también influye la temperatura de la masa. A temperaturas bajas corresponde una mayor producción de *ác. Láctico*, respecto del acético (91).

Tras la fermentación, la masa a hornear se divide, corta, moldea y se somete a una posterior elaboración y luego se introduce en el horno (16).

En la figura 4.6 se muestran las etapas del proceso por método con levadura natural.





**Figura 4.6** Elaboración de pan por método con levadura natural (16).

**4.2.2 Comparación de los métodos de amasado directo e indirecto.**

Los dos factores vitales en el proceso del amasado lo constituyen el esponjamiento de la levadura y de la fuerza de la harina (91, 16). En el cuadro 4.2 se muestran los puntos de comparación entre los métodos de amasado directo e indirecto

**Cuadro 4.2** Comparación de métodos de amasado directo e indirecto.

<b>Amasado directo</b>	<b>Amasado indirecto</b>
Se puede asegurar el correcto crecimiento de la levadura cuando esta fermentado, antes de añadir el resto de los ingredientes.	Debido a que todos los ingredientes se mezclan al mismo tiempo, el esponjamiento de la levadura solamente puede ser influido ajustando el tiempo y temperatura, lo que a su vez puede afectar a la consistencia de la masa.
Uso de levadura natural debido a fermentaciones largas.	Uso de levadura comprimida para una elaboración breve y simple.
Los sacaromicetos debido al sistema de obtención, están acompañados de fermentos lácteos y acéticos. Esta acidez provoca acción inhibitoria del desarrollo de mohos.	Sacaromicetos no se encuentran en los cultivos seleccionados, más puros de la levadura industrial.
La porosidad y el hinchamiento se obtienen del anhídrido carbónico producido por la levadura natural.	Con las reacciones químicas y con los sistemas físicos, no se producen modificaciones de los componentes presentes en las materias primas mezcladas para obtener la masa.
El almidón se enciende con las enzimas de la levadura primero en maltosa que a su vez se transforma en glucosa por las enzimas transformándose en anhídrido carbónico y alcohol.	El proceso de fermentación es el mismo, sin embargo presentan diferencias que van a incidir en las características de los productos finales.

**Continuación.**

<b>Amasado directo.</b>	<b>Amasado indirecto.</b>
Empleo de harinas fuertes	Posibilidad del uso de harinas débiles.
Proceso con mayor tiempo de elaboración	Obtención de productos económicos y rapidez en el proceso.

*Fuente: Quaglia, 1991; Benedito, 2006*

**4.2.3 Métodos recientes.**

Son considerados más rápidos que los convencionales, ya que incorporan los avances más notables de la tecnología. Uno de ellos ha sido la eliminación del periodo de fermentación gracias al empleo de nuevos principios para el desarrollo del gluten (73, 72, 90). Dos ejemplos son:

**(a) El desarrollo mecánico de la masa.**

Este método involucra un mezclado vigoroso de la masa en un mezclador-madurador, este equipo gira a gran velocidad y produce en la masa cambios similares a los que se obtiene por fermentación, pero sin pérdida de tiempo (16, 72, 73).

**(b) El desarrollo químico de la masa.**

El desarrollo químico logra una rápida maduración de la masa usando combinaciones de agentes químicos reductores y oxidantes. Esto permite el uso de cualquier equipo de mezclado convencional, sin gastar en la compra de uno como el que utiliza el desarrollo estrictamente mecánico (16).

Los procesos que aplican el desarrollo mecánico y/o químico son el Do-Maker, el Amflow y el Chorleywood. (16, 73, 72)

#### ***4.2.3.1 Proceso Chorleywood.***

El proceso del pan de Chorleywood, o CBP, fue desarrollado en 1961 por la asociación que molía y que cocía al horno la harina de investigación en Chorleywood y ahora se utiliza para hacer el 80% del pan del Reino Unido. Es parecido al método convencional de masa-directa, con la excepción de que la masa es madurada no por fermentación, sino por la intensa acción mecánica de un mezclador-madurador (87).

El proceso tuvo un impacto importante en el Reino Unido ya que permitió que una proporción mucho mayor de trigo poco proteínico de cosecha propia fuera utilizado para moler. El proceso incorpora ácido ascórbico, por lo que se produce una oxidación acelerada (101, 8, 70). En la figura 4.7 se muestra el equipo mezclador-madurador empleado para este método.



**Figura 4.7** Equipo mezclador-madurador (66).

### *Descripción del proceso de Chorleywood.*

Los ingredientes son almacenados en grandes almacenes que luego son transportados a silos y pasan a las mezcladoras automáticamente.

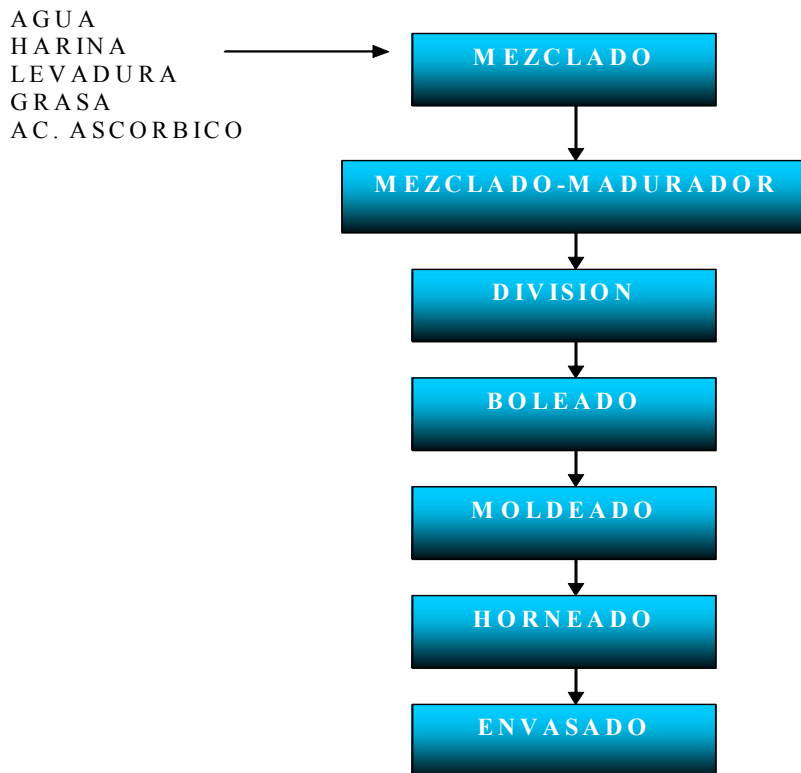
La masa es mezclada intensamente por cerca de 3 minutos en una mezcladora a alta velocidad en lotes de 300 kilos aproximadamente.

La temperatura de la masa debe ser controlada a 28°C, de esta manera la levadura es cultivada y que la masa llegue a ser elástica.

Cuando se completa el mezclado la masa es llevada a dividir y pasar a un boleado.

La pieza de pan es formada y moldeada. La masa entonces es transportada durante todo el tiempo y al final permite que la masa aumente suavemente su volumen por cerca de una hora en estrictas condiciones de temperatura y humedad. (101)

El pan es horneado por cerca de 20 minutos a 200°C. Pasa a la etapa de enfriado que por un tiempo de cerca de 2 horas, donde se controlan condiciones como temperatura, humedad y tiempo. El pan es envasado y listo para despacharse (108, 101). En la figura 4.8 se muestran las etapas por el método de Chorleywood.



**Figura 4.8** Proceso de panificación Chorleywood (108).

Este sistema es utilizado habitualmente en procesos muy automatizados que recortan el tiempo de elaboración. No solo salva considerablemente el tiempo de producción, produce un pan mejor con respecto al volumen, color y calidad. Suele tener una miga más blanca, un alveolo más pequeño, corteza fina y menor vida de anaquel (8, 73, 70, 61).

#### ***4.2.3.2 Proceso Do-Maker***

En este sistema todas las operaciones se desarrollan automáticamente y las fases de amasado y desarrollo se efectúan separadamente; la primera fase consiste en la preparación de una solución que contiene todos los ingredientes excepto la harina (8, 72).

##### ***Descripción del proceso.***

El tiempo de fermentación oscila entre 2 y 4 horas y la solución se mantiene en un depósito de acero en continua agitación, a una temperatura de 30°C, añadiendo solución constante durante la operación. La fermentación se realiza durante un tiempo suficiente para producir las sustancias necesarias para dar el aroma característico al pan (91).

A la mezcla se añaden también sustancias que no permitan que se produzca un alto grado de acidez por la fermentación; normalmente se emplean como sustancias tamponantes harina de soja y leche en polvo.

Al comienzo del proceso de panificación el prefermento se envía desde el depósito de conservación a un intercambiador de calor y después a una amasadora, simultáneamente se envía automáticamente harina, sustancias oxidantes y grasas en forma líquida (shortening) a una velocidad de alimentación previamente fijada. Normalmente la velocidad de la harina es de 18-19 kilos por minuto (91).

Después de esta etapa el prefermento es bombeado a una mezcladora. Para la preparación de la masa los ingredientes son alimentados automáticamente dentro de una mezcladora continua, la suspensión de levadura debe añadirse en un estado muy activo (72, 73).

La mezcladora opera a una gran velocidad bajo la presión de un flujo continuo. La elevada presión ocluye el dióxido de carbono en el agua conforme la masa es procesada, esta sale de la maquina en forma de una masa extruída que es cortada y depositada directamente en los moldes. La presión, tamaño de abertura y longitud de la pieza son constantes y de acuerdo a esto el peso de la pieza es controlado (87). En la figura 4.9 se muestran las etapas del proceso Do-Maker.

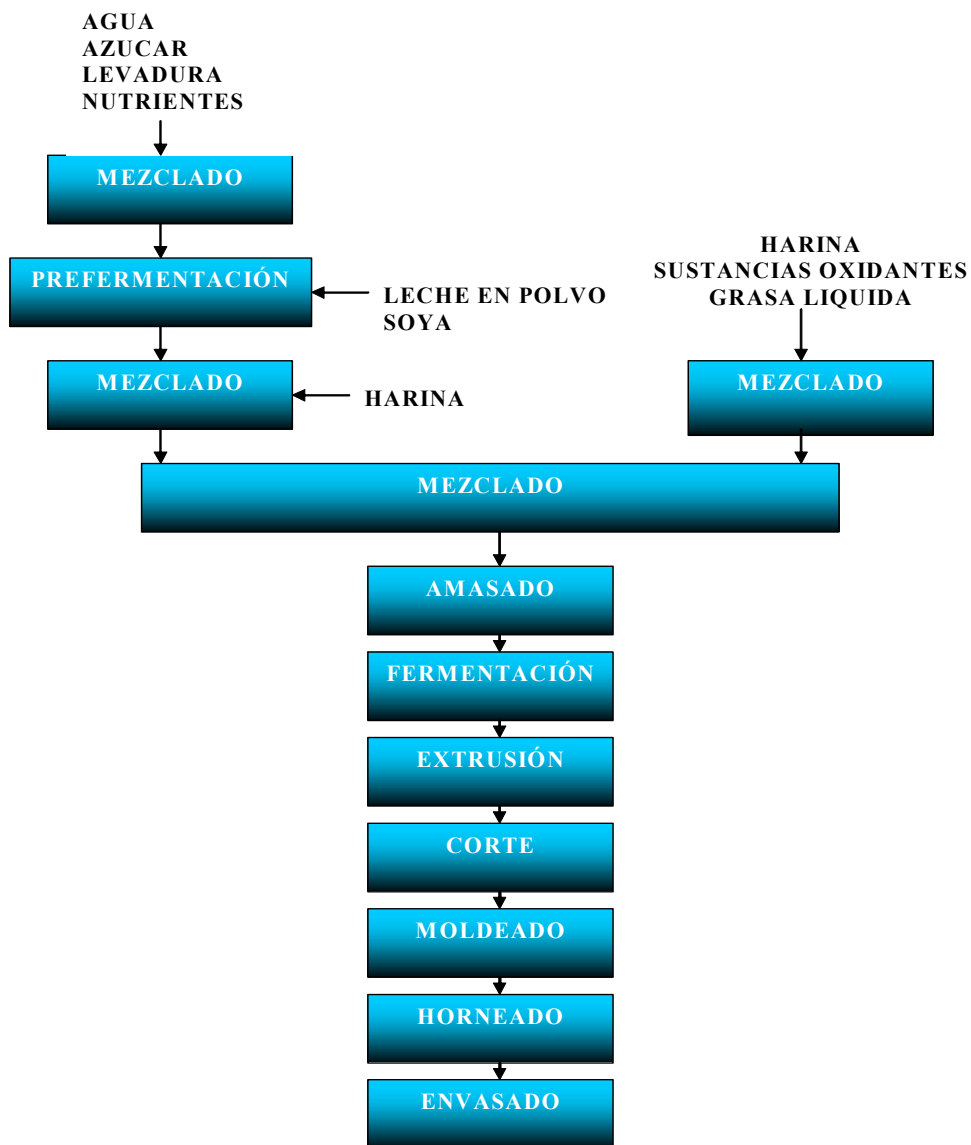


Figura 4.9 Proceso de panificación Do-Maker (91).



#### *4.2.3.3 Proceso Amflow*

##### *Descripción del proceso.*

En este proceso la solución se prepara en una mezcladora donde se añaden la levadura, nutrientes para levadura y azúcar. Después esta mezcla se envía a otro depósito donde se produce el desarrollo de los aromas; se deja fermentar la mezcla durante una hora, después se añaden sal, leche, otra vez azúcar y harina al 12%, produciendo un líquido viscosos denominado **prefermento** que después es bombeado a uno de los dos depósitos de conservación para una posterior fermentación por un tiempo de 2 a 2 1/2 horas bajo una ligera agitación (72, 73).

El prefermento se bombea a un depósito horizontal en el que se introduce una solución azucarada para asegurar al pan un adecuado contenido en azúcar.

Después el prefermento se enfría y se bombea a un mezclador de tipo continuo en donde se mezcla con el resto de la harina, grasas hidrogenadas fundidas y oxidantes.

La masa premezclada, pero esencialmente no desarrollada, es medida por medio de un desarrollador con una bomba y durante su paso se le somete a una intensa acción de ruptura y tensión por parte de las palas rotantes.

Llegado a este punto es importante evitar la inclusión de un exceso de aire en la masa, ya que para obtener una textura fina, característica de este proceso, todo el aire presente debe distribuirse en la masa bajo la acción de la presión que se forme en el desarrollo subsiguiente. Esta eliminación de aire se efectúa para disminuir la presión que se desarrolla en la masa impulsada en el premezclador. El nivel de trabajo se controla, primero ajustando la velocidad de las palas y después regulando la presión dentro del desarrollador (91).

La masa resultante es extruida y cortada en piezas. Las piezas se acumulan y se transportan para ser horneadas (109). En la figura 4.10 se muestran las etapas del método Amflow.

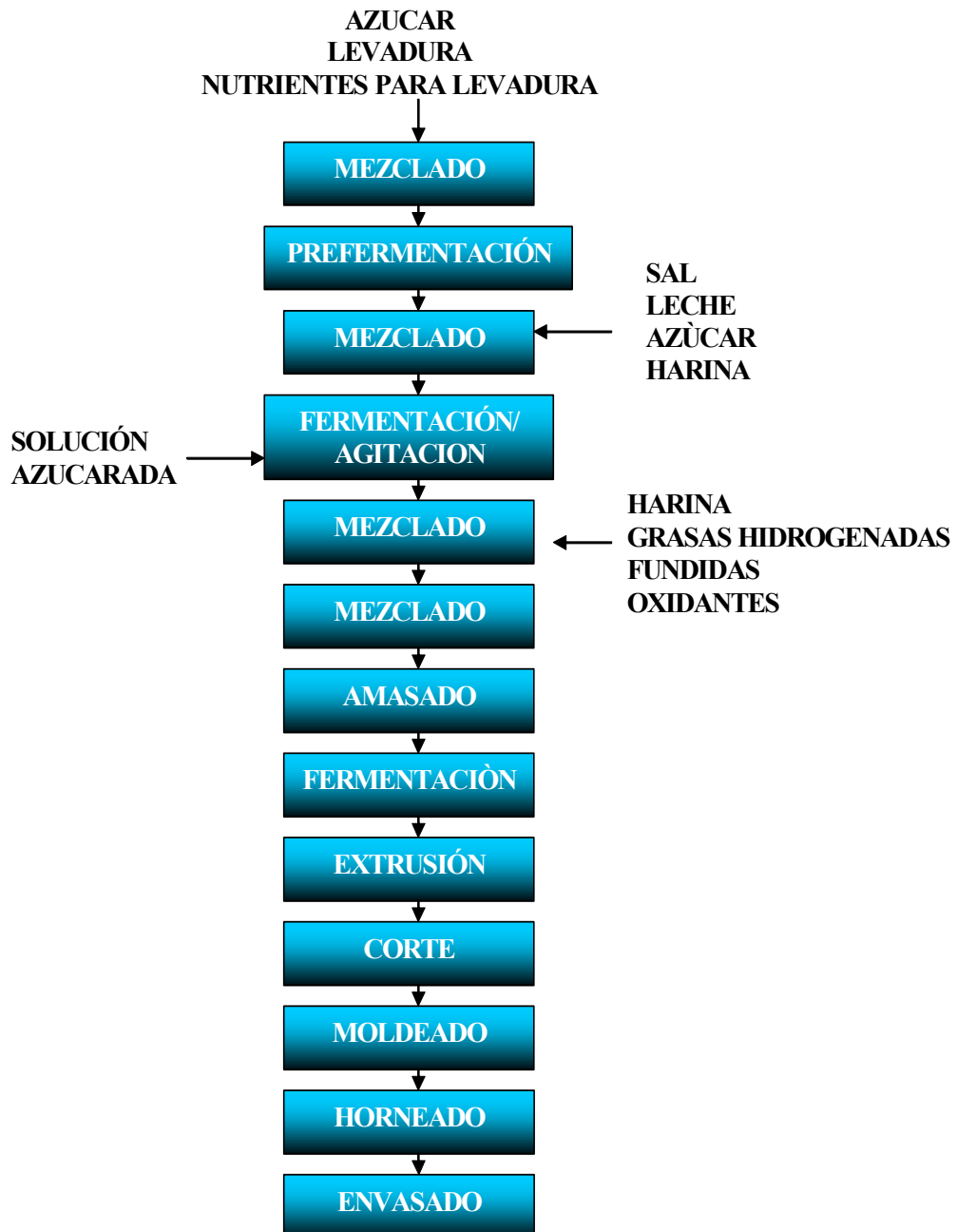


Figura 4.10 Proceso de panificación Amflow (91, 72, 73).

**4.2.4 Comparación de los métodos de amasado recientes.**

En el cuadro 4.3 se muestran las diferencias entre los métodos de amasado Chorleywood, Do-Maker y Amflow

**Cuadro 4.3** Comparación de métodos de amasado recientes.

<b>Chorleywood</b>	<b>Do-Maker</b>	<b>Amflow</b>
Alimentación por lotes	Alimentación continua	
Amasado a altas velocidades	Amasado a altas velocidades	
Proceso automatizado.	Proceso automatizado y mecanizado.	
No se usa prefermento.	Prefermento líquido sin harina.	Prefermento sobre harina.
No hay prefermentación.	Prefermentación de 1 a 4 hrs.	Prefermentación de 2 a 2.5 hrs.
Formación de masa por desarrollo mecánico y químico.	Formación de masa por desarrollo químico.	
Uso de mezclador-madurador.	Permite uso de mezclador-madurador o de cualquier equipo de mezclado convencional.	
Mezclador-madurador produce cambios en la masa similares a los de la fermentación.	Fermentación de 1 hora.	

**Continuación.**

<b>Chorleywood</b>	<b>Do-Maker</b>	<b>Amflow</b>
Uso de diferentes equipos en las etapas de producción.	Extrusión de la masa, moldeado, división y colocación en moldes se realiza en una sola máquina.	
Textura y tamaño de la pieza son controlados automáticamente.	Presión, tamaño de abertura y longitud de la pieza son constantes, por lo que el peso de la pieza es controlado	
Tiempo total de 2 horas	Tiempo de 3-5 horas	
Pan es mejor con respecto al volumen, color y calidad. Suele tener una miga más blanca, un alveolado más pequeño, corteza fina y escasa vida de anaquel.	Pan tiene una estructura muy fina con miga blanda y corteza delgada	
Uso de diferentes equipos en las etapas de producción.	Extrusión de la masa, moldeado, división y colocación en moldes se realiza en una sola máquina.	
Textura y tamaño de la pieza son controlados automáticamente	Presión, tamaño de abertura y longitud de la pieza son constantes, por lo que el peso de la pieza es controlado	

*Fuente: Quaglia, 1991; Potter, 1973; Bender 200; The Federation of baker, 1995; Lallemand Baking Update, 2006*

## CONCLUSIONES.

- ✚ Se concluye que en este trabajo se cumplió con el objetivo planteado, ya que se recopiló información básica en referencia al trigo, así como las pruebas de calidad más usadas a las cuales son sometidos tanto el cereal como la harina, también se indican los diferentes métodos de amasado convencionales y recientes en la panificación, así mismo este material es una fuente concentrada de información para su consulta y que se encuentra al alcance de la comunidad universitaria.
- ✚ El trigo es uno de los cereales más importantes que se cultivan, existen varias clasificaciones del trigo donde consideran características importantes que son tomadas en cuenta en la producción de pastas, extruídos y pan; y que además son las principales fuentes de carbohidratos.
- ✚ La calidad del cereal esta relacionada con factores como el suelo, el tipo de abono, temperatura y la rotación de cultivos. La calidad es evaluada por métodos físicos y químicos, mientras que en el harina los factores que intervienen en su calidad son los componentes genéticos y los procesos que transforman el cereal (germinación, acondicionamiento, molienda, mejoramiento, etc.) los métodos utilizados para la harina son del tipo físico, químico y reológicos. Los resultados que proporcionan estos métodos de evaluación son muy importantes ya que de ellos dependerá si el cereal o la harina son aceptados o si se tiene que tomar algún proceso que pueda corregir los problemas que presente.
- ✚ El conocimiento general a cerca de las funciones y propiedades de los ingredientes empleados en la panificación es importantes porque de ellos depende las características finales del pan. Aunque las formulaciones suelen ser diferentes, tiene algo en común: producir un pan de buena calidad.

- ✚ El proceso de panificación es uno de los más importantes dentro de la industria de la alimentación y aunque se conocen varios procesos se concluye que las etapas básicas son el amasado, fermentación, boleado y división. El conocimiento de cada etapa y su control durante la producción es relevante porque cada una de ellas imparte características que conjuntamente tiene como resultado un proceso de panificación eficiente y un producto de alta calidad..
- ✚ Los procesos de amasado directo, esponja-masa, Chorleywood, Do-Maker y Amflow son una combinación de 4 etapas básicas en la producción de pan, siendo estas la prefermentación, mezclado, moldeado y horneado.
- ✚ Los sistemas tradicionales de producción de pan que más gustan son los de amasado directo y esponja-masa, pero estos requieren de un proceso de fermentación prolongado para el desarrollo de la masa.
- ✚ Los sistemas Do-Maker y Amflow son conocidos también como sistemas de mezclado continuo y emplean bromato de potasio en el desarrollo tanto mecánico como químico de la masa, mientras que en el sistema Chorleywood se usa un mezclador-madurador para el desarrollo mecánico de la masa.
- ✚ Los procesos de Chorleywood, Do-Maker y Amflow al emplear estos sistemas (químicos y mecánicos) en el desarrollo de la masa, hacen un proceso con menos etapas y por lo tanto más rápido.

## RECOMENDACIONES.

- ✚ Con base a la realización de este trabajo se destaca que es necesaria la actualización y recopilación bibliográfica acerca de la situación de la industria de panificación, investigación y normatividad en México, así como de los métodos de amasado recientes en donde desarrollen temas referentes a los ingredientes y equipos empleados en éstos métodos, ya que de este modo, las personas involucradas o interesadas en los procesos de panificación contarán con información relacionada a la materia prima, ingredientes y pruebas de calidad, adecuados para la elaboración de los diversos productos de panificación.

## REFERENCIAS CONSULTADAS

1. Academia del área de plantas piloto de alimentos. (2000). Introducción a la tecnología de alimentos. México: Limusa. pp. 695.
2. AlimentoSanos. (2007). Aditivos alimentarios. Mejoradores de harina. [En línea] Disponible en: [http://www.mardelplata.gov.ar/documentos/salud/AlimentoSano\\_2007/Aditivos%20en%20Alimentos.ppt](http://www.mardelplata.gov.ar/documentos/salud/AlimentoSano_2007/Aditivos%20en%20Alimentos.ppt)
3. American Association of Cereal Chemists. (1976). Approved Methods. Minnesota, USA: St. Paul.
4. Association of Official Analytical Chemists. (2000). Official Methods of Analysis. Washington, D. C.: St. Paul. pp 1141
5. Badui, D. S. (2006). Química de alimentos. México: Pearson Educación de México S. A. de C. V. pp. 716.
6. Bautista, R. J. (1996). Estudio de calidad del trigo, sus harinas. Evaluación de tres variedades de trigo (*Triticum aestivium*). Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. UNAM, México.
7. Belitz, D. (1997). Química de alimentos. España: Acribia S. A. pp.1087.
8. Bender. D. A. (2005). A dictionary of food and nutrition. [En línea] Disponible en: <http://www.highbear.com/doc/1039-DoMakerProcess.html>



9. Benedito, C. (2006). Las nuevas tecnologías del frío, su implantación en la pequeña y mediana producción. [En línea] Disponible en: <http://www.com/informes/tecnofrío.html>
10. Benedito, C. (2007). Nuevas tecnologías para panificación. [En línea] Disponible en: [http://www.alimentariaonline.com/desplegar\\_notas.asp?did=305](http://www.alimentariaonline.com/desplegar_notas.asp?did=305)
11. Blanc, P. (2005). La fermentación controlada. [En línea] Disponible en: <http://www.trigopan.com.ar/TecdelTrigo/Pages/Fichas%20Rincon%20Panaderos/Fermentc%20Contro.html>
12. Calaveras, J. (2004). Nuevo tratado de panificación y bollería. Madrid, España: AMV Ediciones. pp. 622.
13. Calvo, M. (2005). Bioquímica de los alimentos. [En línea] Disponible en: <http://milsksci.unizar.es/bioquimica/temas/aditivos/conservantes.html> conservantes.
14. Charley, H. (1999). Tecnología de los alimentos. México: Limusa Noriega Editores. pp. 767.
15. Cheftel, J. C. (1976). Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. (Vol. 1). Madrid, España: Acribia S. A. pp. 404.
16. Contreras, L. E. (1997). Estandarización de calidad de harinas en la industria de la panificación a través de mejorantes. Estudio de pan blanca. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. UNAM, México.

17. Coronado, R. M. (2000). Información técnica y normativa en apoyo a la industria de la panificación. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores. Cuautitlan. UNAM, México.
18. Dendy, D. A. (2004). Cereales y productos derivados, química y tecnología. Madrid, España: Acribia, S. A. pp. 537.
19. Desrosier, N. W. (1999). Elementos de tecnología de alimentos. México: Compañía Editorial Continental. pp. 782.
20. Departamento Técnico SAF. (2007). Mejorantes en panificación. [En línea] Disponible en: [http://www.publitec.com/HPL%20188/hpl\\_188\\_pag\\_66.pdf](http://www.publitec.com/HPL%20188/hpl_188_pag_66.pdf)
21. Falder, R. A. (2002). Enciclopedia de los alimentos. Trigo, harina y pan. Distribución y consumo 133, pp 125-133. [En línea] Disponible en: <http://www.mercasa.es/es/publicaciones/Dyc/sum66/pdf/trigo.pdf>
22. Feldeman, P. & Satín S. (2001). Una necesidad actual: la clasificación del trigo según sus características de calidad (año 1, núm. 2) [En línea] Disponible en: <http://www.axonas.com.ar>
23. Fuentes, B. H. (1996). Manual de procedimientos para la industria de panquelería y pastelería. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. UNAM, México.
24. Hoseneý, C. (1999). Principios de ciencia y tecnología de los cereales. Madrid, España: Acribia S. A. pp. 321.
25. [http://bioaplicaciones.galeon.com/Antioxidantes\\_1.html](http://bioaplicaciones.galeon.com/Antioxidantes_1.html)

26. <http://canales.nortecastilla.es/agroalimentos/marcas/harinazamorana.php>
27. [http://es.encarta.msn.com/encyclopedia\\_761573740/Blanqueo.html](http://es.encarta.msn.com/encyclopedia_761573740/Blanqueo.html)
28. [http://es.wikipedia.org/wiki/Harina\\_de\\_trigo\\_integral](http://es.wikipedia.org/wiki/Harina_de_trigo_integral)
29. [http://es.wikipedia.org/wiki/Masa\\_madre](http://es.wikipedia.org/wiki/Masa_madre)
30. [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lia/de\\_l\\_aj/capitulo6.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/de_l_aj/capitulo6.pdf)
31. [http://harina.org/trigo\\_molineria.php#tran](http://harina.org/trigo_molineria.php#tran)
32. <http://ileypanes3.tripod.com/id308.html>
33. <http://milksci.unizar.es/adit/harina.html>
34. <http://www.aaccnet.org/>
35. <http://www.aguayaire.com/t-23.htm>
36. [http://www.agrsci.unibo.it/~fcinti/18147/02\\_Frumento.pdf](http://www.agrsci.unibo.it/~fcinti/18147/02_Frumento.pdf)
37. <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/Chef/pan%20fabricacion.htm>
38. [http://www.alimentariaonline.com/desplegar\\_notas.asp?did=202](http://www.alimentariaonline.com/desplegar_notas.asp?did=202)
39. [http://www.alimentariaonline.com/desplegar\\_notas.asp?did=856](http://www.alimentariaonline.com/desplegar_notas.asp?did=856)
40. [http://www.bsimagazine.com/Feature\\_Stories.asp?ArticleID=56453](http://www.bsimagazine.com/Feature_Stories.asp?ArticleID=56453) baking

41. [http://www.boe.es/g/es/bases\\_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=1984/15336](http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=1984/15336)
42. <http://www.botanical-online.com/tiposdetrigo.htm>
43. <http://www.casapia.com/foro/viewtopic.php?>
44. <http://www.concereal.com/es/productos/hinchado.htm>
45. [http://www.concereal.com/es/analisis/actividad\\_alfaamilasica.htm](http://www.concereal.com/es/analisis/actividad_alfaamilasica.htm)
46. <http://www.concereal.com/es/productos/alveografo.htm><http://definiciónlegal.com/>
47. [http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender\\_a\\_comer\\_bien/alimentos\\_a\\_debate/2006/05/11/151867.php](http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/alimentos_a_debate/2006/05/11/151867.php)
48. <http://www.gb-ingredients.com/index.php/content/view/514/252>
49. <http://www.grupomolinero.com.ar/>
50. <http://www.harina.org/trigo>
51. <http://www.lasem.com/apliena/esp/productos.htm>
52. [http://www.lesaffre.es/SP/default.asp?cible=/SP/Produits/p\\_levurepressee.htm](http://www.lesaffre.es/SP/default.asp?cible=/SP/Produits/p_levurepressee.htm)
53. [http://library.thinkquest.org/C0115522/article.php?qs\\_article\\_id=40&qs\\_language=ES&qs\\_section=SC](http://library.thinkquest.org/C0115522/article.php?qs_article_id=40&qs_language=ES&qs_section=SC)
54. [http://www.mef.gub.uy/ucaa/documentos/53\\_ct\\_polvo\\_para\\_hornear.pdf](http://www.mef.gub.uy/ucaa/documentos/53_ct_polvo_para_hornear.pdf)

55. <http://www.molimuntada.com>
56. <http://www.monografias.com/trabajos16/bromato-potasio/bromato-potasio.shtml#harin>
57. <http://www.monografias.com/trabajos6/trigo/trigo.shtml> trigo tipos
58. [http://www.molinovillafane.com/todo\\_acerca\\_del\\_trigo.html](http://www.molinovillafane.com/todo_acerca_del_trigo.html)
59. <http://www.motomco.com.ar/index2.html>
60. <http://www.nutrisa.cl/ficha.asp?ID=70>
61. <http://www.panaderia.com/informes/amasado.html>
62. [http://www.panaderia.com/informes/mejorantes\\_panarios.html](http://www.panaderia.com/informes/mejorantes_panarios.html)
63. [http://www.prama.com.ar/alimentos\\_saludables/germen\\_trigo.htm](http://www.prama.com.ar/alimentos_saludables/germen_trigo.htm)
64. <http://www.proz.com/kudoz/1934674>
65. <http://www.proyectosfindecarrera.com/tipos-harina.htm>
66. <http://www.sancassiano.com/spagnolo/autom.es.html>
67. <http://www.tecnosa.org.com>
68. [http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/ljaime/cereales.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/ljaime/cereales.pdf)
69. [http://w4.siap.gob.mx/sispro/IndModelos/SP\\_AG/Trigo/CON\\_IND.pdf](http://w4.siap.gob.mx/sispro/IndModelos/SP_AG/Trigo/CON_IND.pdf)

70. Industria Alimenticia. (2004). Panificación al día. Procesos de panificación. [En línea] Disponible en: <http://www.industriaalimenticia.com/content.php?5=IA/2004/10&p=8>
71. Kent, N. L. (1987). Tecnología de los cereales. Madrid, España: Acribia, S. A. pp. 220.
72. Lallemand Baking Update. Bread Production. (2006). Comparing Breadmaking Systems. (Vol. 1, núm. 10) [En línea] Disponible en: [http://www.lallemand.com/BakeryeastNa/eng/PDFs/LBO%20PDF%20FILES/1\\_OBREA.PDF](http://www.lallemand.com/BakeryeastNa/eng/PDFs/LBO%20PDF%20FILES/1_OBREA.PDF)
73. Lallemand Baking Update. Mezclado continuo. (2006). Oxidizing Agents. Bromate Replacement in continuous mix systems. (Vol. 1, núm. 10) [En línea] Disponible en: [http://www.lallemand.com/BakeryeastNa/eng/PDFs/LBO%20PDF%20FILES/2\\_2CONMX.pdf](http://www.lallemand.com/BakeryeastNa/eng/PDFs/LBO%20PDF%20FILES/2_2CONMX.pdf)
74. Manríquez, B. H. (1997) Criterios de calidad para harina destinada a la industrialización pastelera. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. UNAM, México.
75. Martínez de Flores, E. G. (2002). Iniciación en las técnicas culinarias. México: Limusa. pp. 361.
76. Mora, M. & Alizaga, R. (1983). Medición del contenido de humedad en granos básicos con el determinador Motomco 919 [En línea] Disponible en: [http://www.mag.gocr/rev\\_agr/v06n1-2\\_035.pdf](http://www.mag.gocr/rev_agr/v06n1-2_035.pdf)
77. Norma mexicana NMX-FF-036-1996-SCFI. Productos alimenticios no industrializados-cereales-trigo (*Triticum aestivum* L. y *Triticum durum* Desf.)- Especificaciones y métodos de prueba.

78. Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996, Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
79. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
80. Othón, S. S. (2001). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. México: A. G. T. Editor, S. A. pp. 521.
81. Peña, R. J. & Crossa, J. (2002). Influencia del medio ambiente sobre los parámetros de calidad del trigo harinero (riego vs secano en México). [En línea] Disponible en: [http://www.fontagro.org/Projects/98\\_39\\_CalidadTrigo/Anexos%20Finales/Anexo%203%20-%20Influencia%20del%20Medio%20Ambiente.pdf](http://www.fontagro.org/Projects/98_39_CalidadTrigo/Anexos%20Finales/Anexo%203%20-%20Influencia%20del%20Medio%20Ambiente.pdf)
82. Pantalli, A.(2002). Parámetros industriales de la calidad de trigo.(pp. 3-14) [En línea]Disponible en: [http://www.Aprotrigo.org/calidad\\_panadera/parámetros\\_industriales\\_calidad\\_trigo](http://www.Aprotrigo.org/calidad_panadera/parámetros_industriales_calidad_trigo)
83. Pearson, D. (1976). The chemical analysis of foods. London and New York: Churchill Livingstone. pp. 575.
84. Pigani, J. R. (2002). La soya... como una alternativa natural y económica en la alimentación. Investigación, edición 83, marzo-abril. [En línea] Disponible en: [http://ambiente-ecologico.com/ediciones/2002/083\\_Investigación\\_JoseRicardo\\_Pigani.hp3](http://ambiente-ecologico.com/ediciones/2002/083_Investigación_JoseRicardo_Pigani.hp3)

85. Pomeranz, Y. & Melona, C. (1994). Food Analysis Theory and Practice. New York. USA: Chapman& Hall. pp. 619.
86. Popper, L. (2003, noviembre). Sintonizando las harinas. El ABC del mejoramiento de la harina (p. 9, 11, 13-15). Ahrensburg. Alemania.
87. Potter. N. (1973). La licencia de los alimentos. Madrid, España: Acribia S. A. pp. 749.
88. Primo, Y. E. (1979). Química agrícola III, alimentos. Madrid, España: Alambra. pp. 683.
89. Primo, Y. E. (1998). Química de los alimentos. Madrid, España: Síntesis. pp. 461.
90. Pujol, J. F. (1999). Influencia de la materia prima y del nivel del amasado en un sistema de amasado intensivo sobre la calidad del pan de molde. [En línea] Disponible en: [http://www.cibernetia.com/tesis\\_es/CIENCIAS\\_TECNOLOGICAS/TECNOLOGIA\\_DE\\_LOS\\_ALIMENTOS/PANIFICACION/1](http://www.cibernetia.com/tesis_es/CIENCIAS_TECNOLOGICAS/TECNOLOGIA_DE_LOS_ALIMENTOS/PANIFICACION/1)
91. Quaglia, G. (1991). Ciencia y tecnología de la panificación. Madrid, España: Acribia, S. A. pp. 485.
92. Quiminet. (2006). El bicarbonato de amonio y los agentes leudantes. [En línea] Disponible en: [http://www.quiminte.com.mx/ar4/ar\\_%259C%25C0%2508%25D3%2587%2598%2597%2585.htm](http://www.quiminte.com.mx/ar4/ar_%259C%25C0%2508%25D3%2587%2598%2597%2585.htm)
93. Quiminet. (2006). ¿Qué es la lecitina de soya?. [En línea] Disponible en: <http://www.quiminet.com.mx/art/ar%253C%25AD%25F0%257F%2596j%25FA%2527.php>



94. Ranken, M. D. (1993). Manual de industria de los alimentos. Madrid, España: Acribia S. A. pp. 672.
95. Revista venezolana de la industria de la panificación. El magazine del pan. (p. 14-20). Grupo Editorial Da Silva C. V.
96. Rydings, M. (2002). Instrumentos analíticos y calidad de la harina. Baking & Snack International edition. [En línea] Disponible en: [http://www.bsimagazine.com/Feature\\_Staries.asp?ArticleID=56453](http://www.bsimagazine.com/Feature_Staries.asp?ArticleID=56453)
97. Scade, J. (1981). Cereales. Madrid, España: Acribia S. A. pp. 93.
98. Secretaría de Agricultura, Ganadería, pesca y alimentos (2005). Panificados y productos de confitería. Guía de aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura. Argentina: SAGPyA.
99. Tejero, F. (2007). La levadura. Manipulación y consejos prácticos. [En línea] Disponible en: <http://www.franciscotejero.com/tecnica/fermentaci%F3n/levadura2.htm>
100. Tejero, F. (2007). Prevención del moho en el pan de molde envasado. [En línea] Disponible en: [http://www.alimentariaonline.com/desplegar\\_notas.asp?did=856](http://www.alimentariaonline.com/desplegar_notas.asp?did=856)
101. The Federation of bakers (1995) How Bread is Made. (pp. 3-4) [En línea] Disponible en: <http://www.bakerfederation.org.YK/publications/FS7%20-%20How%20bread%20is%0mode.Pdf>
102. Trcheuschkner, D. (2001). Fundamentos de Tecnología de los alimentos. Madrid, España: Acribia S. A. pp. 476.

103. Trejo, O. F. (1990). Estudio comparativo de agentes tensoactivos en panificación. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. UNAM, México.
104. Todo.monografías. (2006). Elaboración de pan. Biotecnología de la fermentación. [En línea] Disponible en: <http://todo.monografías.com/trabajos11/ferme/ferme.shtml>
105. Todo.monografías. (2006). Productos derivados de los cereales. [En línea] Disponible en: <http://www.todomonografías.com/agronomia/cereales-parte2/>
106. Universidad de Alcala (2007). Las enzimas condicionan la calidad y características del producto final. Enzimas para mejorar el pan. Ciencia y tecnología, año VIII, núm. 2895. [En línea] Disponible en: <http://www.madriidiario.es/2007/abril/ciencia-tecnologia/17138/enzimas-mejoran-el-pan.html>
107. Vieira, E. R. & Ronsivall, L. J. (1992). Food Science. New York: AVI BOOK. pp. 289.
108. Whitley, Andrew (2006). Materias del pan: El estado del pan moderno y de una guía definitiva a cocer al horno. [En línea] Disponible en: [http://en.wikipedia.org/wiki/Chorleywood\\_Bread\\_Process](http://en.wikipedia.org/wiki/Chorleywood_Bread_Process)
109. Willm, C. & Gordon, B. (1994). Primary cereal processing. A comprehensive sourcebook. USA: VCH 544 pp
110. Zuñiga, R. E. & Soto M. Y. (2003). Medición del nivel de agrado y textura de galletas con diferentes concentraciones de harina de avena. [En Línea] Disponible en: <http://www.respyn.uanl.mx/especiales/memorias-atam/27.htm>