

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**“CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRIGO BLANDO Y TRIGO DURO Y
PARA QUE SE UTILIZA”**

Por:

DAVID SALAS NUNCIO

MONOGRAFÍA

Presentada como Requisito Parcial para obtener Título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

Septiembre de 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

"CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRIGO BLANDO Y TRIGO DURO Y
PARA QUE SE UTILIZA"

MONOGRAFÍA

Por:

DAVID SALAS NUNCIO

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

APROBADA:

Q.F.B. Carmen Pérez Martínez

Presidenta del jurado

Q.F.B. María del Carmen Julia García

Sinodal

Dr. Efraín Castro Narro

Sinodal

Dr. Xochitl Ruelas Chacón

Sinodal



Dr. José Duñez Alarís.

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo Coahuila. Septiembre 2016.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**"CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRIGO BLANDO Y TRIGO DURO Y
PARA QUE SE UTILIZA"**

MONOGRAFÍA

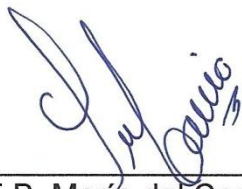
Por:

DAVID SALAS NUNCIO

Que se somete a consideración de H. Jurado Examinador como Requisito Parcial
para obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

El presente trabajo ha sido dirigido por el siguiente comité:



Q.F.B. María del Carmen Julia García

Asesor Principal

Buenavista, Saltillo Coahuila, México. Septiembre 2016.

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo principalmente a DIOS y a mi familia, que me dio la oportunidad de haber estudiado en esta gran Universidad, por toda su confianza que me brindo en esta etapa de mi vida, de todo corazón gracias por creer en mí.

A mis padres

Sr. Jesús Salas García.

Sra. Mariana Nuncio Esquivel.

Doy gracias a DIOS por darme padres tan buenos, ustedes son parte fundamental de mi vida y de este gran logro obtenido del cual estaré muy agradecido, gracias por confiar en mí, por todo su apoyo incondicional y sobre todo gracias por guiarme por el camino de la verdad. Con todo mi cariño y respeto.

A ti papá

Gracias por todo lo que me has dado por tu cariño, confianza, paciencia, protección y sobre todo gracias por enseñarme la palabra de DIOS cosa que me ha hecho una mejor persona, te debo tanto en mi vida que solo puedo darte las gracias y aunque nunca lo he demostrado te respeto y te quiero demasiado.

A ti mamá

Gracias por ser tan fuerte en las buenas y en las malas, gracias por todo el cariño que me tienes, por creer en mí, por tus consejos y por darme el valor y las fuerzas para seguir adelante. Padres los quiero demasiado y espero y algún día poder pagarles algo de todo lo que me han dado.

A mis hermanos

Jesús Guadalupe, Omar y Alejandra gracias por su confianza y por el apoyo que me han brindado, mis mejores deseos en todo lo que hagan.

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar un sincero agradecimiento a un ser tan maravilloso que me dio la vida y me ha dado las fuerzas para salir adelante en cualquier circunstancia sea buena o mala y que me dio a mi familia, al creador del cielo y la tierra, creador de lo visible e invisible nuestro padre todo poderoso que está en los cielos Jehová.

“cantad alegres a DIOS, habitantes de toda la tierra. Servid a Jehová con alegría; venid ante su presencia con regocijo. Reconoced que Jehová es Dios; él nos hizo, y no nosotros a nosotros mismos; pueblo suyo somos, y ovejas de su prado. Entrad por sus puertas con acción de gracias, por sus atrios con alabanza; alabadle, bendecid su nombre. Porque Jehová es bueno; para siempre es su misericordia, y su verdad por todas las generaciones.”

Salmo 100.

Agradezco a mi alma terra mater la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” ya que es una universidad de gran prestigio a nivel nacional, esta casa de estudios ha sido formadora de grandes ingenieros y de grandes personas, el tiempo que pase por mi Alma Mater ha dejado huella en mi vida ya que gracias a ella me forme como un profesionista sueño que tuve desde que entre por primera vez a mi universidad.

Gracias a esta universidad conocí amigos y profesores los cuales me apoyaron en mi recorrido e hicieron más acogedor mi carrera, estoy muy agradecido primeramente con DIOS y con mi Alma Mater ya que esta casa de estudios no solo me hizo un profesionista sino que también le dio a mi Papa la oportunidad de ser uno de sus empleados.

Agradezco especialmente a la Q.F.B María Del Carmen Julia García, persona que me ayudo durante mi recorrido en la carrera, gracias por sus conocimientos y su

amable amistad, le agradezco por haberme regalado de su valioso tiempo y por su paciencia en la realización de esta esta monografía.

Agradezco a Q.F.B Carmen Pérez Martínez por su apoyo en la realización de esta monografía, de igual manera le agradezco por haberme brindado sus conocimientos durante mi carrera profesional, durante mi carrera fue muy importante su apoyo ya que me ayudo a confiar más en mi esto fue gracias a sus consejos y cabe mencionar que es uno de los maestros que más paciencia tubo conmigo.

A mis amigos

Quiero agradecer a todos mis compañeros de la carrera por todas las experiencias vividas.

Agradeceré principalmente a mis mejores compañeros de la carrera: Sergio Luis López (checo), Ivan Morales, Leonardo Daniel Gonzales (chino), Mario Adolfo Granados (bofo), Abdón Arriaga (donis), con todos ellos tuve experiencias inolvidables, a todos ellos les deseo lo mejor en todo lo que hagan, DIOS los bendiga a cada uno de ellos y a sus familias, gracias por el apoyo que me dieron durante la carrera y por los momentos agradables.

A mis maestros

Dr. Castro Narro Efraín. Le agradezco por ser muy buen maestro, por haberme brindado sus conocimientos, por su forma de ser esperando que nunca cambie y que siga mostrando su amor por la investigación.

Dr. Ana Verónica Charles. Gracias por su exigencia en cada materia que me impartió que gracias a eso me dio valor para ver hacia adelante, por todos los conocimientos que me impartió y por la gran persona que es.

Agradezco también al Dr. Tony gracias por ser buena persona con todos sus alumnos y por haberme brindado sus conocimientos y experiencias.

Ingeniero Carlos Ramos Veliz gracias por enseñarme sus conocimientos de una forma distinta y por enseñarme a ver las cosas como son. Gracias por ser tan excéntrico ya que gracias a eso se ha ganado el respeto de sus alumnos.

Agradezco también a la MC Marta Clarisa, por transmitirme sus conocimientos, por todo su apoyo y su amistad, gracias.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS	I
AGRADECIMIENTOS.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE CUADROS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
I.- INTRODUCCIÓN	XV
OBJETIVO	XVII
II.- RESUMEN	XVIII
III.- GENERALIDADES DEL TRIGO	1
3.1 Historia y producción.....	1
3.2 Microorganismos que atacan al trigo	2
IV.- CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA	3
4.1 Clima.....	3
4.2 Humedad.....	3
4.3 Suelo.....	3
4.4 pH	3
4.5 Agua.....	4
4.6 Requerimientos de la planta de trigo (nutrientes).....	4
4.6.1 Nitrógeno (N)	4
4.6.2 Fósforo (P).....	4
4.6.3 Potasio (K)	5
4.6.4 Calcio (Ca).....	5
4.6.5 Magnesio (Mg)	5
4.6.6 Azufre (S).....	5
V.- MORFOLOGIA DE LA PLANTA.....	6
5.1 Raíz.....	6

5.2 Tallo	6
5.3 Hojas	7
5.4 Inflorescencia	7
VI.- EL GRANO	8
6.1 Estructura del grano	8
6.2 Pericarpio	8
6.3 Cubierta de la semilla o Testa	9
6.4 Capa de aleurona	10
6.5 Germen	10
6.6 Endospermo	10
VII.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE TRIGO	13
7.1 Agua	14
7.2 Hidratos de carbono	14
7.2.1 Almidón	14
7.2.1.1 Amilosa	15
7.2.1.2 Amilopectina	16
7.2.2 Polisacáridos no amiláceos	17
7.2.2.1 Hemicelulosas y pentosanos	18
7.2.2.2 Celulosa	18
7.2.2.3 β -Glucanos	19
7.2.2.4 Glucofructanos	19
7.2.3 Azúcares libres	19
7.3 Proteínas	19
7.4 Lípidos	21
7.5 Enzimas	23
7.6 Sales minerales	23
7.7 Vitaminas	23
VIII.- CARACTERÍSTICAS DEL TRIGO BLANDO Y TRIGO DURO	24
8.1 Trigo blando	25
8.1.1 Usos del trigo blando	25
8.2 Trigo duro	25
8.2.1 Usos del trigo duro	26
8.2.2 Sémola de trigo duro	26

IX. HARINA	28
9.1 Composición de la harina de trigo.....	28
9.2 Propiedades físicas de la harina.....	29
9.2.1 Color.....	29
9.2.2 Olor.....	29
9.2.3 Sabor.....	29
9.2.4 Granulometría.....	29
9.3 Clasificación de la harina.....	29
9.3.1 Harina floja.....	30
9.3.2 Harina de fuerza.....	30
9.3.3 Harina de media fuerza.....	30
9.3.3.1 Otras harinas.....	31
9.3.3.2 Harinas acondicionadas y enriquecidas.....	31
9.4 Elaboración de la harina de trigo.....	31
9.5 Calidad de la harina.....	32
9.5.1 Calidad industrial.....	32
9.5.1.1 Contenido de agua (Humedad).....	33
9.5.1.2 Contenido de cenizas.....	33
9.5.1.3 Sustancias extrañas.....	33
9.5.1.4 Granulometría.....	34
9.5.1.5 Características sensoriales.....	34
9.5.1.6 Acidez.....	34
9.5.2 Calidad reológica.....	34
9.5.2.1 Proteínas.....	35
9.5.2.2 Gluten.....	35
9.5.2.3 Índice de Sedimentación o de Zeleny.....	35
9.5.2.4 Farinógrafo.....	36
9.5.2.5 Alveógrafo.....	37
9.5.2.6 Extensógrafo.....	41
9.5.3 Calidad enzimática.....	41
9.5.3.1 Índice de caída o Falling Number.....	41
9.5.3.2 Amilógrafo.....	42

X.- NORMA OFICIAL MEXICANA PARA HARINAS (NOM-147-SSA1-1996).....	42
10.1 Especificaciones sanitarias	43
10.1.1 Físicas	43
10.1.2 Microbiológicas	43
10.1.3 Contaminantes.....	43
10.1.4 Aditivos	44
10.2 Especificaciones nutrimentales	44
XI.- CONCLUSIONES	45
XII.- BIBLIOGRAFÍA.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	TÍTULO	Página
1	Composición química de las diferentes partes del grano de trigo	13
2	Reparto de minerales y vitaminas en las fracciones del grano de trigo ...	24
3	Composición química de la semolina	27
4	Composición química de la harina	28
5	Clasificación de la harina de trigo de acuerdo a su fuerza	40
6	Clasificación de la harina de trigo de acuerdo a su índice de equilibrio ...	40
7	Clasificación de la harina de trigo de acuerdo a su fuerza e índice de equilibrio	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°	TÍTULO	Página
1	Producción nacional de trigo 2000-2012.....	2
2	Raíz	6
3	Tallo.....	7
4	Hojas.....	7
5	Grano.....	8
6	Estructura de un grano de trigo en sección longitudinal y transversal ...	12
7	Gránulos de almidón de trigo. SEM Photograph Copyright Joseph R ...	15
8	Amilosa presentando la formación helicoidal.....	16
9	Esquema de estructura de amilopectina en el gránulo de almidón.....	17
10	Representación de un farinógrafo	37
11	Alveógrafo de chopin	38
12	Comportamiento grafico del Alveógrafo de Chopin.....	39
13	Extensógrafo Brabender y Extensógramas típico	41

I.- INTRODUCCIÓN

La familia de las gramíneas incluye muchas plantas importantes. A esta familia pertenecen los cereales como el trigo, el maíz, el centeno, la avena, la cebada, el sorgo y el mijo. Otras plantas importantes de la misma familia son la caña de azúcar y los pastizales.

Los cereales son importantes en la dieta humana y animal por su valor alimenticio. Además son ricos en proteínas, minerales y vitaminas.

Su importancia se debe a que:

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

Las variedades de trigo son "blandas" o "débiles", si tienen un contenido de gluten bajo, y "duro" o "fuerte" si tienen un contenido alto de gluten. La harina dura, o harina de pan, es de gluten alto, con un 12% a 14% de contenido de gluten, su masa tiene un tacto elástico que aguanta su forma bien una vez horneada. La harina blanda es comparativamente baja en gluten y por ello resulta en un pan con una textura más fina, quebradiza. La harina blanda se clasifica normalmente en harina de pastel, la cual es la más baja en gluten.

La harina es el polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón, la harina de trigo es la que más se produce de entre todas las harinas.

Principalmente hay dos tipos de harina. Una es la harina blanca que está hecha únicamente de endospermo y la harina integral que está hecha del grano entero, incluyendo el salvado, endospermo, y germen.

La harina integral se obtiene de la molienda del grano de trigo entero. Lo que se hace es simplemente triturar el grano para que sea comestible y formar una harina. La harina integral tiene un color café no homogéneo. Los productos más populares son pan, tortillas, galletas, pastas.

Por lo tanto, comer alimentos elaborados con harina integral aporta nutrimentos importantes para nuestro organismo como fibra, vitaminas del complejo B, vitamina E, ácidos grasos esenciales, hierro, magnesio, zinc, potasio, manganeso.

Otro beneficio es que estos alimentos tienen un índice glicémico bajo, es decir que una vez que se consumen se van integrando poco a poco al torrente sanguíneo lo que favorece una sensación de saciedad más prolongada y evita que haya exceso de insulina y/o glucosa circulante en la sangre.

Para fabricar la harina refinada o harina blanca se remueve el salvado y el germen del grano y se muele únicamente el endospermo. Esto forma la harina blanca con la que se elabora el pan blanco, la harina para hotcakes, galletas, pastelería, tortillas y pastas.

La razón de la popularidad de la harina refinada es por tres factores:

1. Durabilidad: el germen es rico en ácidos grasos que se arrancian rápidamente. Al removerlo, la durabilidad de la harina se incrementa.
2. Apariencia: al remover el germen y el salvado se obtiene una harina de grano fino y color homogéneo.
3. Costos: es más redituable vender la harina refinada por un lado, obtener aceite del germen y vender el salvado por separado.

Por todo ello la industria alimenticia ha preferido elaborar la harina blanca y utilizarla en sus productos.

Nutritionalmente hablando, la harina blanca es casi puramente almidón, es decir un carbohidrato alto en calorías y pobre en micronutrientes y sin fibra.

Debido a esto, la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996 obliga a los fabricantes a adicionar 2 mg de ácido fólico y 35 mg de hierro, por cada kilogramo de harina blanca, para compensar su pobre aporte nutrimental.

Pero esto no compensa para nada la calidad de los micronutrientes que se obtienen del grano entero, ni las cantidades.

OBJETIVO

La presente monografía tiene como objetivo recopilar la información suficiente sobre las características y usos de los diferentes tipos de trigo, especialmente el trigo blando y trigo duro.

II.- RESUMEN

Es importante e interesante conocer para que se utilizan el trigo blando y el trigo duro.

Tanto el trigo blando como el trigo duro son de apariencia similares pero son de especies distintas. Es un cereal que se ha utilizado en la alimentación humana desde la antigüedad, el principal productor a nivel mundial es China, siguiéndole Estados Unidos y Canadá.

El fruto del trigo (grano) es utilizado para la producción de harina, harina integral, sémola y una gran variedad de productos alimenticios.

El trigo blando es el grano ideal para la obtención de la harina blanca. Esta harina es ideal para la elaboración de panes, tortas, pasteles etc. Esto debido a su condición de fermentar.

El trigo duro es muy rico en proteínas y es el más utilizado en la producción de pastas secas de mayor calidad (sémola).

Para determinar las distintas características que se pueden encontrar en las harinas es necesario realizar análisis fisicoquímicos (proteína, cenizas, humedad, gluten etc.), reológicos y sensoriales que permitan determinar las cualidades de cada una de ellas y así poder determinar su posible uso.

Palabras clave: trigo blando, trigo duro, grano.

III.- GENERALIEDADES DEL TRIGO

3.1 Historia y producción

El trigo tiene sus orígenes en la antigua Mesopotamia. Las más antiguas evidencias arqueológicas del cultivo de trigo vienen de Siria, Jordania, Turquía, Israel e Irak. Existen hallazgos de restos carbonizados de granos de trigo almidonero (*Triticum dicoccoides*) y huellas de granos en barro cocido en Jarmo (Irak septentrional), que datan del año 6700 a. c. El trigo produjo más alimento al ser cultivado por iniciativa de los seres humanos, pues de otra manera este no habría podido tener éxito en estado salvaje; este hecho provocó una auténtica revolución agrícola en el denominado creciente fértil. Simultáneamente, se desarrolló la domesticación de la oveja y la cabra, especies salvajes que habitaban la región, lo cual permitió el asentamiento de la población y, con ello, la formación de comunidades humanas más complejas.

Gracias al cultivo de este cereal el ser humano se percató de la existencia de las estaciones, ya que el trigo no se encontraba en el mismo estado durante todo el año. En el siglo XVI se produjeron avances en su cultivo y su procesamiento.

A diferencia de los otros cereales (Maíz y arroz), el trigo es la base de la alimentación y su importancia a lo largo de la historia ha quedado grabada tanto en capiteles medievales como en dibujos egipcios.

En México el cultivo del trigo fue introducido por los españoles durante la época de la conquista.

La palabra trigo proviene del latín *Triticum* cuyo significado es quebrado, triturado o atrillado y hace referencia al proceso que se sigue para separar la semilla de su cascarilla. El grano de trigo es fácil de transportar y almacenar, utilizándose para obtener una gran variedad de productos, como harina, harina integral, sémola y malta, los cuales constituyen la materia prima para la elaboración de otra gran variedad de productos alimenticios.

El principal productor de trigo a nivel mundial es China con 130 millones de toneladas anuales, seguido por la India con 90 millones de toneladas y los Estados Unidos y la Federación Rusa con 60 millones de toneladas cada uno.

En México la producción de trigo se concentra principalmente en los estados de: Sonora, Baja California, Guanajuato, Michoacán, Chihuahua y Tlaxcala.

Durante los años del 2000 a 2012, en México se han producido, en promedio, 3.3 millones de toneladas por hectárea anuales de trigo, destinando para ello una extensión de 691 mil hectáreas en promedio.



Figura 1. Producción nacional de trigo 2000-2012

Fuente: SIAP

En el periodo 2000-2012 la producción se mantuvo estable siendo que en el 2004 alcanzó su punto más bajo con 2.32 millones de toneladas y el más alto registrado en el mismo periodo 2008 es de 4.21 millones de toneladas.

3.2 Microorganismos que atacan al trigo

Los hongos afectan al trigo tanto en el campo como durante su almacenamiento. El género que principalmente ataca al grano de trigo en el campo es el *Fusarium*, mientras que en almacén es atacado por especies de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*. Las principales micotoxinas que producen algunas especies de estos hongos son las aflatoxinas, las cuales son sustancias que causan graves enfermedades en humanos y animales, son potentes agentes cancerígenos y mutagénicos.

IV.- CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA

El trigo crece en ambientes con las siguientes características:

4.1 Clima

La temperatura ideal para el crecimiento y desarrollo del cultivo de trigo está entre 10 y 24°C, pero lo más importante es la cantidad de días que transcurren para alcanzar una cantidad de temperatura denominada integral térmica, que resulta de la acumulación de grados días. La integral térmica del trigo es muy variable según la variedad de que se trate. Como ideal puede decirse que los trigos de otoño tienen una integral térmica comprendida entre los 1.850°C y 2.375°C.

La temperatura no debe ser demasiado fría en invierno ni demasiado elevada en primavera ni durante la maduración.

4.2 Humedad

Requiere una humedad relativa entre 40 y 70%, desde el espigamiento hasta la cosecha es la época que tiene mayores requerimientos en este aspecto.

4.3 Suelo

El trigo requiere suelos profundos, para el buen desarrollo del sistema radicular. Al ser poco permeables los suelos arcillosos conservan demasiada humedad durante los inviernos lluviosos. El suelo arenoso requiere, en cambio, abundante lluvia durante la primavera, dada su escasa capacidad de retención. En general se recomienda que las tierras de secano dispongan de un buen drenaje.

4.4 pH

El trigo prospera mal en tierras ácidas; las prefiere neutras o algo alcalinas. También los microorganismos beneficiosos del suelo prefieren los suelos neutros o alcalinos.

4.5 Agua

Se puede cultivar en zonas donde caen precipitaciones entre 25 y 2800 mm anuales de agua, aunque un 75% del trigo crece entre los 375 y 800 mm.

4.6 Requerimientos de la planta de trigo (nutrientes)

El trigo requiere un balance de nutrientes para un buen desarrollo de la planta, a continuación se describen los siguientes:

4.6.1 Nitrógeno (N)

Es el motor de crecimiento. Cuando la planta lo absorbe, lo acumula como nitrato en las hojas, este nitrato es el responsable de motorizar la síntesis del complejo hormonal del crecimiento. Así mismo, el nitrógeno es el componente principal de la mayoría de los aminoácidos que integran las proteínas.

La escasez de nitrógeno produce un menor desarrollo foliar de color verde pálido o amarillento.

Por otro lado, el exceso de nitrógeno es perjudicial para la planta, ya que provoca desarrollo de cañas y hojas, pero poco grano, y entonces se dice que la planta se va en vicio.

4.6.2 Fósforo (P)

Es la fuente de energía que requiere la planta de trigo para que se produzcan todos los procesos metabólicos. Su deficiencia le imposibilita a la planta completar normalmente dichos procesos metabólicos. Los dos momentos críticos en los que su presencia es fundamental son: la germinación, para favorecer un rápido crecimiento radicular y en prefloración.

La falta de este elemento es difícil de diagnosticar por qué no presenta síntomas externos visibles, salvo el retardo en el crecimiento y la reducción de macollaje.

4.6.3 Potasio (K)

El potasio tiene especial importancia en las funciones que aseguran el crecimiento de la planta. La resistencia de los cereales a las heladas, al encamado y a las enfermedades es mayor si disponen de una alimentación mineral rica en potasio. También se afirma que el valor panadero del trigo se mejora con el potasio

La deficiencia del potasio provoca un acortamiento de los entrenudos y un borde corchoso en las hojas.

4.6.4 Calcio (Ca)

El calcio está asociado a la síntesis de componentes de estructura de la planta en la forma de pectato de calcio. La demanda de este nutriente es lineal a lo largo de todo el ciclo, puesto que la planta la utiliza durante la etapa de crecimiento radicular, durante la etapa de crecimiento vegetativo, durante la floración y finalmente durante la etapa de crecimiento del fruto.

4.6.5 Magnesio (Mg)

El magnesio es integrante de la clorofila, potenciando de esta manera la síntesis de azúcares. También interviene en el proceso de traslado de azúcares a los granos en forma similar al potasio y además optimiza el aprovechamiento del fósforo dentro de la planta facilitando el desdoblamiento del ATP (fuente de fósforo).

4.6.6 Azufre (S)

Fundamental para el aprovechamiento del nitrógeno. Una vez que el nitrógeno se acumuló como nitrato en las hojas, debe ser transformado en proteína. En ese proceso interviene una enzima llamada nitrato reductasa, en la que el azufre es uno de sus principales componentes.

V.- MORFOLOGIA DE LA PLANTA

Las partes de la planta de trigo se pueden describir de la siguiente manera:

5.1 Raíz

El trigo posee una raíz fasciculada o raíz en cabellera, es decir, con numerosas ramificaciones, las cuales alcanzan en su mayoría una profundidad de 25 cm, llegando algunas de ellas hasta un metro de profundidad.

Existen dos clases de raíces, las primarias o seminales y las secundarias o adventicias.



Figura 2. Raíz

Fuente: SAGARPA 2010

5.2 Tallo

El tallo del trigo es una caña hueca con 6 nudos que se alargan hacia la parte superior, alcanzando una altura de 0.5 a 2 metros aproximadamente, es poco ramificado.

Existen un tallo principal y varios tallos secundarios llamados macollos. El tallo principal nace del embrión, mientras que los macollos nacen del principal.



Figura 3. Tallo

Fuente: SAGARPA 2010

5.3 Hojas

Sus hojas tienen forma lanceolada (alargadas, rectas y terminadas en punta) con vaina, lígula y aurículas bien definidas.



Figura 4. Hojas

Fuente: SAGARPA 2010

5.4 Inflorescencia

Está formada por una espiga compuesta por un eje escalonado o raquis de entrenudos cortos sobre los que están dispuestas 20 o 30 espiguillas de forma alterna, llevando cada una nueve flores.

VI.- EL GRANO

El grano de trigo tiene una estructura compleja, con forma alargada, una única semilla de 6 a 8 mm de largo y de 3 a 4 mm de ancho; presenta en la parte opuesta al embrión, una barbilla o pincel. El tamaño de los granos varía ampliamente según la variedad y según la posición en la espiga.

Los granos de trigo son redondeados en la parte dorsal (el mismo lado del germen) y poseen un surco a lo largo de la parte ventral (lado opuesto al germen). El surco, que abarca aproximadamente toda la longitud del grano, penetra casi hasta el centro.

Los dos carrillos pueden llegar a tocarse ocultando así la verdadera profundidad del surco. Este surco no solamente dificulta la separación del salvado del endospermo, sino que constituye un foco de contaminación de microorganismos y de polvo.

La textura y color de los granos de trigo, varía en gran medida. El color, generalmente blanco o rojo (aunque también puede ser púrpura), depende del pigmento de la cubierta de la semilla. La presencia y tipo de pigmentos es una función genética y por tanto puede ser objeto de manipulación por parte del seleccionador para conseguir el color deseado.



Figura 5. Grano

Fuente: SAGARPA 2010

6.1 Estructura del grano

6.2 Pericarpio

Rodea toda la semilla y está constituido por varias capas. La parte más interna del pericarpio exterior está formado por restos de células de paredes

delgadas, por lo que, al no presentar una estructura celular continua, constituye un plano natural para la división.

El pericarpio interior está formado por células intermedias, células cruzadas y células tubulares. Ni las intermedias ni las tubulares cubren por completo el grano. Las células cruzadas son largas y cilíndricas y tienen su eje longitudinal perpendicular al eje longitudinal del grano.

Las células cruzadas están densamente dispuestas, con poco o nada de espacio intercelular. Las células tubulares son del mismo tamaño y forma general que las células cruzadas, pero tienen sus ejes longitudinales paralelos al del grano. No están encajadas muy densamente, por lo que quedan muchos espacios intercelulares.

El conjunto del pericarpio comprende el 5% del grano y aproximadamente está formado por un 6% de proteína, 2% de cenizas, 20% de celulosa, 0,5% de grasa y el resto por pentosanas.

6.3 Cubierta de la semilla o Testa

La cubierta de la semilla está unida firmemente a las células tubulares por su lado exterior y a la epidermis nuclear por el interior. Está compuesta por tres capas:

- Cutícula exterior gruesa
- Capa pigmentada
- Cutícula interior fina

Si el grano es muy blanquecino, la cubierta de la semilla apenas contará con dos capas de células de celulosa comprimidas debido a la práctica inexistencia de la capa pigmentada. El espesor de la cubierta de la semilla varía entre 5 y 8 μm .

La epidermis nuclear está unida estrechamente tanto a la cubierta de la semilla como a la capa de aleurona.

6.4 Capa de aleurona

Por lo general, tiene el espesor de una célula y rodea el grano por completo, incluyendo el endospermo feculento y el germen. Desde el punto de vista botánico, es la capa exterior del endospermo. Sin embargo, se elimina durante la molienda junto con la cubierta de la semilla y el pericarpio, constituyendo lo que se denomina salvado. Las células de aleurona tienen paredes gruesas, su forma es cúbica y carecen de almidón.

La composición de las paredes celulares es fundamentalmente celulosa. Las células de aleurona poseen un núcleo grande y numerosos gránulos de aleurona. La estructura y composición de los granos de aleurona es compleja. La capa de aleurona es relativamente rica en proteínas, fósforo, lípidos y niacina.

Además, la aleurona, es más rica en tiamina y riboflamina que otras partes del salvado, y su actividad enzimática es alta

6.5 Germen

El germen de trigo abarca el 3% del grano. Está constituido por dos partes principales:

- El embrión, rico en vitaminas, minerales y lípidos.
- El escutelo, cubierta del embrión que lo envuelve y lo separa del resto del endospermo.

El germen se caracteriza por carecer de almidón y por su alto contenido de aceite; además, genera la mayoría de las enzimas para el proceso de germinación (Hoseney, 1991).

6.6 Endospermo

Se compone principalmente de almidón y proteína; constituye alrededor del 82% - 85% del grano y está formado por tres tipos de células:

- Periféricas: de estas está compuesta la primera fila de células incluida dentro de la capa de aleurona, generalmente son pequeñas,

con diámetros iguales en todas las direcciones o ligeramente elongados hacia el centro del grano.

- Prismáticas: están rodeadas por células periféricas, se extienden hacia el interior.
- Centrales: se encuentran en el interior de las células prismáticas; su tamaño y forma son más irregulares que las otras dos células.

Las paredes celulares del endospermo están formadas por pentosanas, otras hemicelulosas y β -glucanas, pero no por celulosa. El espesor de las paredes celulares varía con la posición en el grano; son más gruesas cerca de la capa de aleurona. El espesor de las paredes celulares resulta variable en las diferentes variedades y también según los tipos de trigo duro y blando.

El contenido de las células del endospermo junto a las paredes celulares del endospermo constituye la harina. Las células están repletas de granos de almidón incluidos en una matriz proteica, proteína en su mayor parte aunque no toda constituida por gluten (proteína de reserva del trigo). Cuando madura el trigo, se sintetiza el gluten en los cuerpos proteicos.

Los granos de almidón aparecen como granos grandes, lenticulares entre 15-40 μm y como pequeños granos esféricos de 1-10 μm de diámetro.

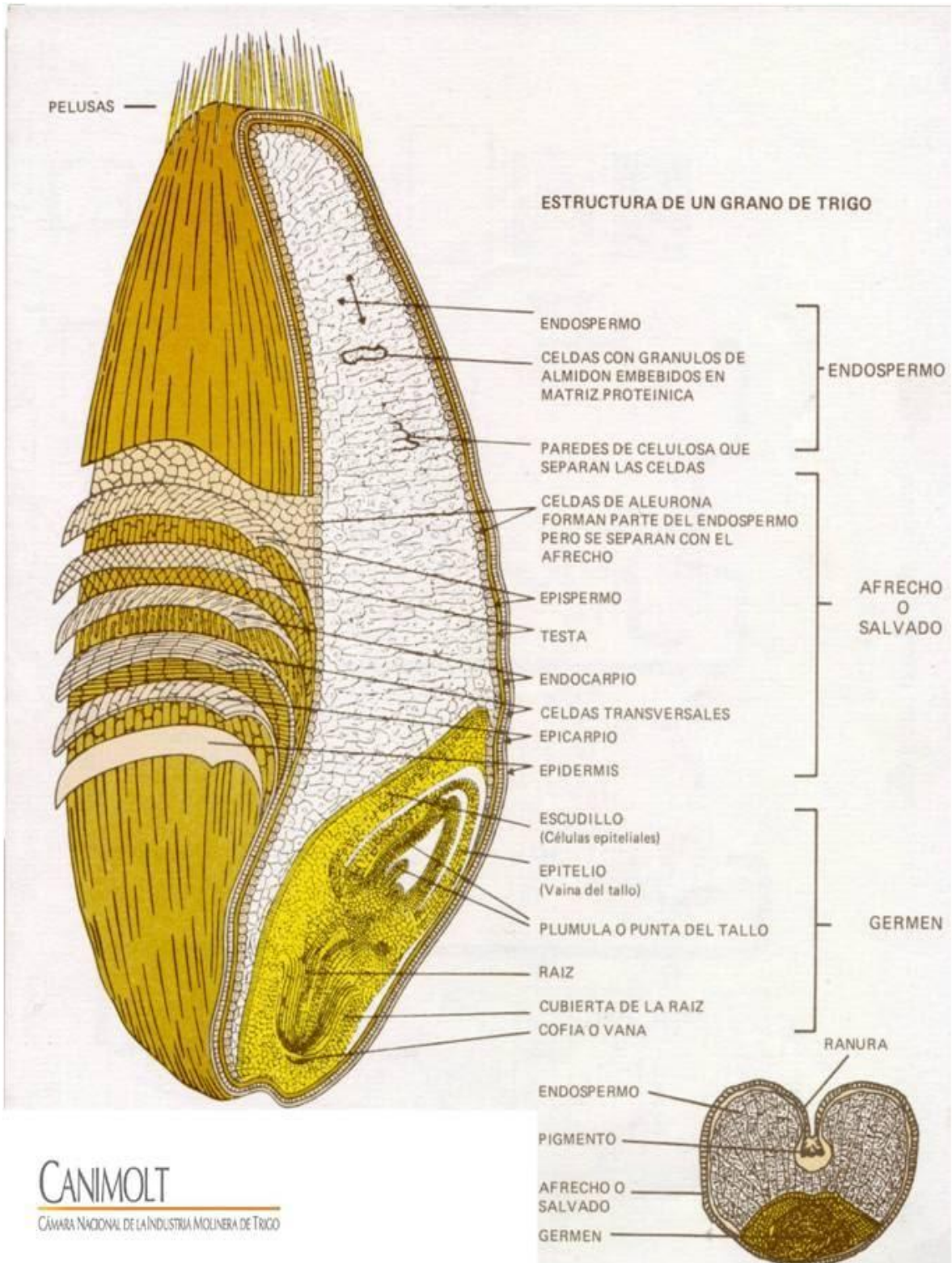


Figura 6. Estructura de un grano de trigo en sección longitudinal y transversal.
Fuente: Hosney, 1991.

VII.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE TRIGO

La composición del grano de trigo puede variar de acuerdo con la región, condiciones de cultivo y año de cosecha. También la calidad y cantidad de nutrientes dependen de las especies de los trigos que influirán en sus propiedades nutritivas y funcionales (Kamal et al., 2009; Serna-Saldívar. 2009).

En general el grano maduro está compuesto por hidratos de carbono, compuestos nitrogenados, lípidos, minerales y agua, junto con trazas de vitaminas, enzimas y otras sustancias (Kent, 1987; Altenbach et al., 2007).

En la siguiente tabla, aparece reflejada la composición química de las diferentes partes del grano de trigo y del total de las mismas.

Cuadro 1. Composición química de las diferentes partes del grano de trigo (en % sobre masa seca)

Parte del grano (% de la masa del grano)	Proteínas	Materias minerales	Lípidos	Celulosa	Hemicelulosas	Almidón
Pericarpio (4%)	7-8	3-5	1	25-30	35-43	0
Tegumento seminal (1%)	15-20	10-15	3-5	30-35	25-30	0
Epidermis nucelar envuelta proteica (7-9%)	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Germen (3%)	35-40	5-6	15	1	20	20
Endospermo (82-85%)	8-13	0,35-0,60	1	0,3	0,5-3,0	70-85
GRANO ENTERO (100%)	10-14	1,6-2,1	1,5-2,5	2-3	5-8	60-70

Fuente: Shollenberger y Jaeger (1943)

Como puede apreciarse, materias celulósicas y hemicelulosas están casi ausentes en la parte central del endospermo, mientras que el almidón no aparece en los tejidos externos. Las proteínas se encuentran en elevada proporción en la zona comprendida entre el tegumento seminal y la capa de aleurona. El contenido en lípidos es elevado en el germen (15%) y un poco más débil en las cubiertas externas de la semilla (7-8%).

7.1 Agua

El contenido en humedad del trigo es variable y depende del clima y del ambiente donde se ha cultivado. Oscila entre 8 - 18%. En el caso de que el grano esté muy húmedo, para su conservación es necesario efectuar un proceso de secado antes de almacenarlo.

7.2 Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono representan el 90% del peso seco de los granos de cereales. Constituidos principalmente por:

- Almidón: 60% del total en el cereal
- Hemicelulosas: el 5%
- Celulosa: 2%
- Azúcares libres: 3%

7.2.1 Almidón

El almidón es el hidrato de carbono más importante en todos los cereales, ya que la energía es almacenada de esta forma. El alto contenido de almidón en el trigo y en los cereales en general, hacen que sean considerados fuentes de energía en la dieta, además, es totalmente digerible en el sistema digestivo (Ao y Jane, 2007; Badui, 2013).

En el trigo el almidón se encuentra en forma de gránulos. En los cereales y en otras plantas superiores, los gránulos se forman en los amiloplastos (plastidios). En el trigo cada plastidio contiene un gránulo. Se observan dos tipos de gránulos: los grandes, lenticulares (A) y los pequeños esféricos (B).

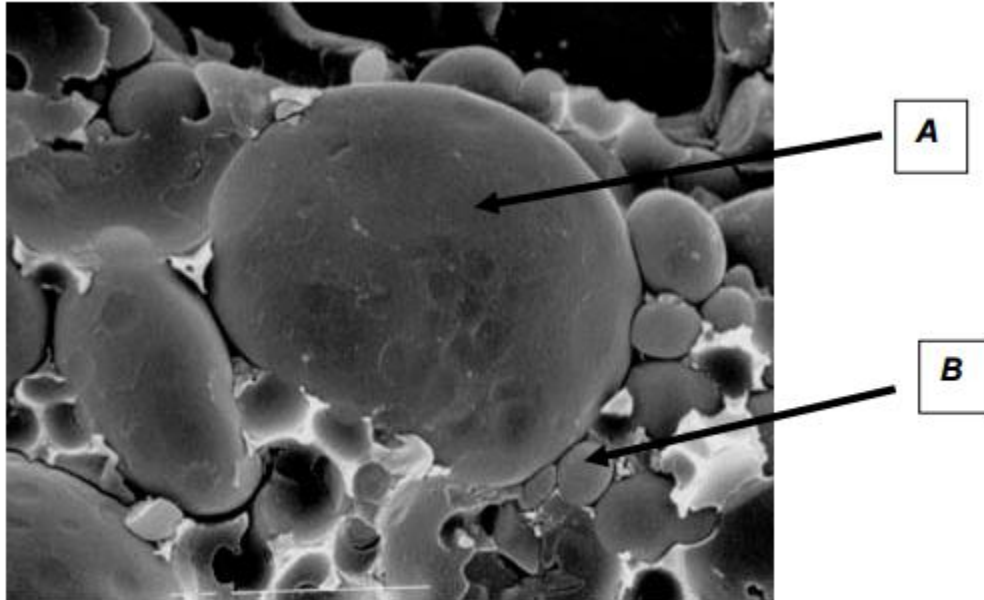


Figura 7. Gránulos de almidón de trigo. SEM Photograph Copyright Joseph R.
Fuente: Thomasson, 1997.

El almidón está compuesto fundamentalmente por glucosa y aunque se pueden encontrar otros elementos en pequeñas cantidades, estos han aparecido a niveles tan bajos que no se ha podido determinar si son oligoelementos del almidón o contaminantes no eliminados en el proceso de extracción. Entre estas sustancias menores destaca la presencia de lípidos y también de minerales como el fósforo y nitrógeno, el primero en forma de fosfolípidos y el segundo bien como componente proteico o lipídico.

Básicamente el almidón está constituido por polímeros de α -D-glucosa pudiéndose distinguir dos tipos:

- Amilosa (en proporción del 20%)
- Amilopectina (en proporción del 80%).

7.2.1.1 Amilosa

Es un polímero lineal (α -D 1-4), de tamaño variable según la fuente y las condiciones del proceso de extracción (entre 200 a 6000 unidades de glucosa). Un extremo del polímero cuenta con grupos hidroxilos y grupos aldehídos que le otorgan poder reductor (Wurzburg, 1986). El otro extremo es no reductor y la cantidad de hidroxilos presentes determina la afinidad por el agua y la solubilidad

(Ao y Jane, 2007). Forma geles firmes y presenta forma de complejo helicoidal y en presencia de Yodo da coloración azul lo que permite, mediante colorimetría, su cuantificación. (Wurzberg, 1986).

En panificación se la asoció fuertemente al fenómeno de retrogradación, aunque en la actualidad se sabe que tanto amilosa como amilopectina están involucradas en el mismo, dado que ese retorno a la cristalinidad implica una disminución en la capacidad de retención de agua (Hug-Iten y col., 2003).

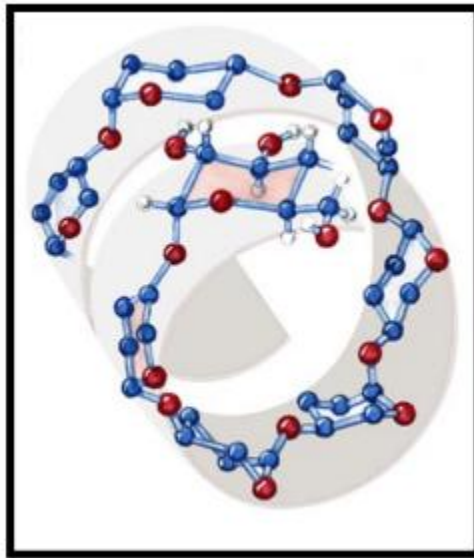


Figura 8. Amilosa presentando la formación helicoidal.

Fuente: Thomasson, 1997.

7.2.1.2 Amilopectina

Forma estructuras fuertemente ramificadas con cadenas lineales con uniones α (1-4) y con uniones α (1-6) cada 20-26 unidades monoméricas. Su alto peso molecular determina que tenga escasa movilidad. No forma geles firmes y tampoco se compleja con el yodo. La combinación de estos tipos de ramificaciones le confiere al almidón regiones cristalinas y regiones amorfas alternas, generando un polímero semicristalino (Wurzberg, 1986, Hosenev, 1991, Eliasson y Gudmundsson, 1996, Ao y Jane, 2007).

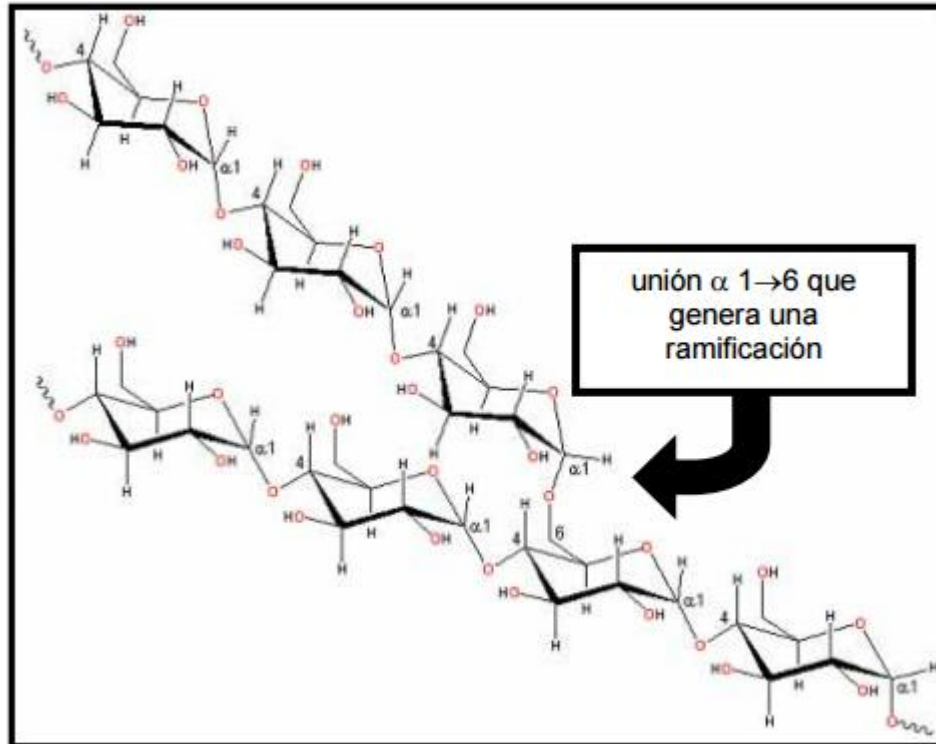


Figura 9. Esquema de estructura de amilopectina en el gránulo de almidón.

Fuente: Thomasson, 1997.

El almidón cumple distintas funciones en la elaboración de los productos de panificación; actúa diluyendo el gluten y de este modo da consistencia a la masa, proporciona azúcares para la fermentación, aporta una superficie para que el gluten se adhiera fuertemente y ayuda en la retención del gas formado. Además, disminuye el agua disponible durante la gelatinización, de este modo favorece la fijación de la película del gluten para que sea más rígido e impermeable al gas y evita el colapso de la masa durante el enfriamiento (Sandstendt, 1961).

El medioambiente, especialmente a través de las temperaturas regula la deposición de almidón afectando no sólo el rendimiento sino la calidad del mismo (Labuschagne y col., 2009).

7.2.2 Polisacáridos no amiláceos

Los cereales contienen otros polisacáridos distintos del almidón. Estos polisacáridos son constituyentes primarios de las paredes celulares y abundan más en las porciones externas que en las internas del grano. El contenido de

polisacáridos no almidonosos en el endospermo es muy inferior al del almidón. Entre ellos tenemos hemicelulosas, pentosanos (Wang y col., 2002), celulosa, α -glucanos, y glucofructanos (Philippe, 2006).

7.2.2.1 Hemicelulosas y pentosanos

Los términos hemicelulosa y pentosanos, en conjunto, abarcan los polisacáridos vegetales no almidonosos y no celulósicos. Químicamente son muy diferentes, variando su composición desde un azúcar simple, como el que se encuentra en los α -glucanos, hasta los polímeros que pueden contener pentosas, hexosas, proteínas y fenoles. Los azúcares frecuentemente citados como componente de las hemicelulosas de los cereales incluyen: la D-xylosa, Larabinosa, D-galactosa, D-glucosa, ácido D-glucurónico y ácido 4-o-metil-Dglucurónico (Philippe, 2006).

La harina de trigo contiene hemicelulosas solubles e insolubles en agua conocidas como pentosanos. Los pentosanos insolubles en agua son más ramificados que los pentosanos hidrosolubles y se hinchan profundamente en el agua (Turnbull y Rahman, 2002). Contrariamente a las proteínas hidrosolubles de los cereales, los pentosanos solubles pueden absorber de 15–20 veces más agua (Wang y col., 2002) y de este modo formar soluciones altamente viscosas. Los pentosanos insolubles son los responsables de las propiedades reológicas de la masa (Wang, 2003; Philippe, 2006), de la conducta panificable del centeno y aumentan la humedad de la corteza de los productos de panadería. Los pentosanos también juegan un papel importante en las propiedades panificables del trigo, puesto que participan en la formación del gluten (Wang y col., 2002).

7.2.2.2 Celulosa

La celulosa es el polisacárido estructural más importante de las plantas. Químicamente es muy simple, está compuesto por moléculas de D-glucosa unidas por enlaces β 1-4. Es un polímero lineal que se asocia fuertemente consigo mismo por lo que resulta muy insoluble. En su estado nativo, la celulosa es parcialmente cristalina. El alto grado de ordenación e insolubilidad, junto con sus uniones β hace que este polímero resista a muchos organismos y enzimas (Philippe, 2006).

7.2.2.3 β -Glucanos

Los β -glucanos son polisacáridos lineales, con unidades de D-glucopiranosas unidas por enlaces β -1,3 y β -1,4. El grano de trigo contiene solamente 0,5 –2% de sustancias mucilaginosas. Estas sustancias confieren una gran viscosidad a las soluciones acuosas.

7.2.2.4 Glucofructanos

La harina de trigo contiene un 1% de oligosacáridos solubles en agua, no reductores, de peso molecular de hasta 2.000. Están formados por D-glucosa y D-fructosa (Philippe, 2006).

7.2.3 Azúcares libres

Los granos de trigo contienen un 3% de azúcares libres entre los que se encuentran muchos oligosacáridos, de los cuales el más importante es la sacarosa seguida de rafinosa, además se han encontrado fructosa, glucosa y algunos disacáridos como la maltosa.

Los azúcares libres son más importantes en las capas de salvado que en el endospermo.

Tienen gran interés tecnológico ya que son los primeros que utilizan las levaduras en el proceso de fermentación.

7.3 Proteínas

Representan alrededor del 10-14% en peso del grano entero de trigo. La distribución de las proteínas no es uniforme dentro del grano.

Las proteínas del trigo fueron clasificadas por primera vez por Osborne (1907), en función de su solubilidad, aunque actualmente se considera una clasificación demasiado simplificada:

- **Albúminas:** solubles en agua, representan el 5-10% respecto al total proteico.

- Globulinas: solubles en soluciones salinas diluidas, representan el 5-10% respecto al total proteico.
- Prolaminas: solubles en soluciones alcohólicas, con el 40-50% respecto al total de proteínas.
- Glutelinas: solubles en soluciones diluidas de ácidos o álcalis, que representa el 30-40%.

Las prolaminas y glutelinas son las fracciones mayores de proteínas en el grano de cereal. En el trigo se llaman gliadinas y gluteninas respectivamente y forman el gluten.

Entre las harinas de los cereales, solamente la de trigo tiene la habilidad de formar una masa fuerte, cohesiva, y capaz de retener el gas producido por la fermentación, dando por cocción un producto esponjoso.

Las características particulares del trigo, se atribuyen fundamentalmente a las proteínas presentes en su composición y más concretamente a las proteínas de reserva gliadinas y gluteninas las cuales poseen la propiedad de combinarse con agua dando lugar al gluten, responsable directo de la capacidad de la masa de retener gas. El gluten es insoluble en agua y por tanto puede aislarse sometiendo la masa (harina + agua) a un trabajo mecánico bajo corriente de agua, la cual arrastrará el almidón y demás constituyentes solubles quedando el gluten. Una vez aislado se observa que el gluten posee unas propiedades características (cohesividad, extensibilidad, elasticidad) propias de la masa panadera.

En cuanto a sus proteínas, el gluten está formado por dos tipos de proteínas:

- Gliadinas: Se caracterizan por su solubilidad en carbinolos alifáticos inferiores, especialmente etanol, y en algunos carbinolos aromáticos como el fenol. Se les conoce como proteínas solubles en alcohol. Tienen un peso molecular promedio de 40,000, son de cadena simple y extremadamente pegajosas cuando se hidratan. Además, muestran poca o ninguna resistencia a la extensión. Las gliadinas son viscosas y le otorgan extensibilidad, lo que le permite que la masa pueda estirarse, sin cortarse, al aumentar de tamaño durante la fermentación.
- Gluteninas: son un grupo heterogéneo de proteínas. Se caracterizan por su solubilidad en ácidos y álcalis diluidos. Son de cadena múltiple y peso molecular variable (de 10,000 a varios millones) que comprende a gluteninas de bajo y elevado peso molecular; resistente y

gomosa, pero propensa a la ruptura. Las gluteninas le confieren elasticidad (o sea, la capacidad de un cuerpo de retornar a su forma y tamaño original luego de haber sido estirado), evitando que la masa se extienda demasiado y colapse, ya sea durante la fermentación como en la etapa de cocción.

Es necesario que exista un equilibrio entre ambas.

Para que el gluten sea estable y se forme, es necesario que se establezcan enlaces intermoleculares que lo estabilicen, y son del tipo disulfuro, puentes de hidrógeno, enlaces hidrofóbicos e iónicos.

Las proteínas del gluten están constituidas por gran cantidad de aminoácidos, siendo deficientes en aminoácidos esenciales como la lisina y metionina, considerándose a la proteína del trigo de baja calidad, sin embargo, poseen un elevado contenido en glutamina.

La cantidad de proteínas en el grano depende de las condiciones ambientales y de su genotipo.

Las pruebas más usadas para determinar cantidad de proteína son el método Kjeldahl y el equipo NIR este último ha ganado reputación debido que requiere solo algunos granos de trigo y es rápido una vez que el equipo está calibrado.

7.4 Lípidos

Forman parte del trigo en pequeñas proporciones 1.5-2.5% y están localizados principalmente en el germen y en la cubierta de la semilla. Estos lípidos tienen efectos beneficiosos en el proceso de panificación. Cuando son extraídos con agua saturada de butanol a temperatura ambiente, muestran una composición casi equitativa de lípidos polares y no polares. De entre los lípidos polares, cerca de un 26% son glucolípidos y un 23% corresponde a los fosfolípidos.

También podemos encontrar cantidades apreciables de mono y diglicéridos y ácidos grasos libres. Los ácidos grasos saturados constituyen el 11-26% del total y los no saturados el 72-85%.

Los lípidos se encuentran en todos los tejidos del grano, generalmente como componentes de la membrana celular.

En los productos de molturación los lípidos pueden hidrolizarse por acción de las lipasas presentes en el grano y oxidarse, bien por medio de lipoxidasas o por la presencia de oxígeno. En el grano no suelen estar en contacto con enzimas y lípidos y por tanto será en las roturas producidas durante la molienda cuando se pongan en contacto con el consiguiente peligro de la aparición de alteraciones que dan lugar al típico olor y sabor a rancio, alteraciones que se ven favorecidas con un aumento de la temperatura. Será importante por tanto que en los procesos de molturación se separe el germen, de importante contenido lipídico con lo que se mejorará la conservación del producto final.

En las harinas se pueden distinguir básicamente dos tipos de lípidos en lo que a su papel en el proceso de panificación se refiere:

- Los lípidos enlazados dentro del gránulo de almidón con las cadenas helicoidales de amilosa, fundamentalmente monoácidos.
- Lípidos libres, fundamentalmente triglicéridos, glucolípidos y fosfolípidos.

En el proceso de panificación los más importantes serán los libres y de ellos los polares ya que van a actuar como agentes humectantes facilitando la hidratación de la harina y la ordenación y deslizamiento de las moléculas de proteína durante el amasado.

Los lípidos polares se unirán a la proteína formando una doble capa de la que los grupos polares de los lípidos se asocian con restos proteicos polares mientras que los grupos lipídicos apolares se orientan hacia el interior de esa doble capa.

Por otra parte el enranciamiento oxidativo de la fracción grasa produce un deterioro organoléptico de las harinas almacenadas, sin embargo en el proceso de panificación las oxidaciones que se dan en los lípidos de las harinas producirán compuestos, fundamentalmente carbonílicos, que influyen en las propiedades de la masa por formar enlaces cruzados y contribuyen al aroma característico del pan.

7.5 Enzimas

Las enzimas, además del gluten, sobresalen por su importancia funcional. Las principales enzimas hidrolíticas que actúan sobre los hidratos de carbono son α y β -amilasas, células, enzimas desramificantes, β -gluconasas y glucosidasas.

El trigo también contiene enzimas proteolíticas, lipasas, esterases, fosfatasas, fitasas y lipopxigenasas.

7.6 Sales minerales

La mayor parte de las sustancias inorgánicas del trigo se encuentran en el salvado y en la capa de aleurona y su cantidad oscila entre 1.5-2%.

Entre los elementos inorgánicos destacan el fósforo, potasio y en menor proporción magnesio, silicio y sodio.

Gran parte del fósforo presente en los cereales se encuentra como ácido fítico el cual se combina con el calcio y el magnesio para formar la fitina, la cual es insoluble, por lo que el fósforo presente en esta forma es mal asimilado por el organismo humano. Además el ácido fítico se puede combinar con numerosos iones reduciendo su asimilación en el organismo. En los granos de trigo existen fitasas que en condiciones adecuadas pueden hidrolizar la fitina con la consiguiente liberación de fosfatos, esto ocurre por ejemplo en el proceso de fermentación de la masa panaria.

Debido a su distribución en el grano, una harina tendrá un contenido en cenizas tanto más elevado cuanto mayor sean las partículas de salvado presentes en la misma, que estará correlacionado con la tasa de extracción de la molienda.

7.7 Vitaminas

Los granos de cereales son muy ricos en vitaminas del grupo B. La más importante es la niacina que se encuentra en el salvado.

A la niacina le siguen en importancia el ácido pantoteico o vitamina B3 que se encuentra en el endospermo y capa de aleurona, la piroxina o B6 situada en la capa de aleurona fundamentalmente, la tiamina o B1 centrada en el escutelo y la riboflavina o B2 que se distribuye uniformemente por todo el grano. Además de

vitaminas del grupo B, los granos de trigo también son ricos en vitamina E (tocoferol) la cual se distribuye con bastante uniformidad a lo largo del grano destacando en el germen.

Las vitaminas son muy sensibles al calor, por lo que los tratamientos tecnológicos a los que sea sometido el trigo y sus derivados pueden producir variaciones en cuanto al contenido vitamínico de partida.

Cuadro 2. Reparto de minerales y vitaminas (%) en las fracciones del grano de trigo.

Fracción	Minerales	Tiamina	Riboflavina	Niacina	Fosfato de piridoxal	Ac pantoténico
Cubiertas	7	1	5	4	12	9
Germen	12	64	26	2	21	7
C.aleurona	61	32	37	82	61	41
Endospermo	20	3	32	12	6	43

Fuente: principios de ciencia y tecnología de los cereales.

VIII.- CARACTERÍSTICAS DEL TRIGO BLANDO Y TRIGO DURO

La dureza del trigo está relacionada con la forma con la que el endospermo se rompe y es lo que le otorga la calidad harinera, ya que a mayor dureza, mayor es el contenido proteico.

Los dos tipos de trigo cultivados más importantes son el trigo duro y el trigo blando.

El trigo generalmente es transformado en harina, harina integral, o sémola y esta es destinada principalmente a la fabricación de pan, galletas, pasteles, tortillas, pastas para sopa y otros productos. El trigo de menor calidad se utiliza para la elaboración de bebidas alcohólicas y alimentación animal. Igualmente los subproductos de la molienda (salvado, salvadillo, etc.) se utilizan como alimento forrajero, o para la elaboración de otros alimentos humanos con alto contenido en fibra (Villafañe 2011).

8.1 Trigo blando

Son muy ricos en almidón proporcionando una harina muy blanca, contiene poca materia proteica (7.5-10%).

Los trigos blandos producen harina muy fina compuesta por fragmentos irregulares de células de endospermo y algunas partículas aplastadas que se adhieren entre sí. La lesión que se produce en los granos de almidón al moler el trigo duro, es mayor que en el trigo blando (Berg 1947).

La harina de trigo blando contiene menos proteína que la harina de trigo duro y tiene una capacidad de absorción de agua inferior a la de la harina de trigo duro

8.1.1 Usos del trigo blando

La mezcla obtenida a partir de harina de trigo tiene una buena extensibilidad y una dureza media-baja. Se utiliza por lo general en productos fermentados tales como postres y repostería (pasteles, galletas, pizzas etc.).

8.2 Trigo duro

El trigo duro, es una especie común del cereal *triticum* (trigo) conocido también como macarronero. Pertenece a los tetraploides debido a su conformación por 28 cromosomas.

Es una de las especies de trigo con más alto valor nutritivo, tiene un alto contenido de gluten y está conformado de un 12 a 14% de proteína. Es una especie muy resistente a la sequía y a las enfermedades, aunque rinde menos en los cultivos que otras especies de trigo.

La dureza del grano influye en las propiedades de molienda del trigo y en la calidad de las harinas. La dureza afecta el tiempo de molienda y el consumo de energía durante la misma, así como los niveles de almidón dañado en la harina.

8.2.1 Usos del trigo duro

La haría que producen estos trigos se utiliza principalmente en la producción de pastas alimenticias (sémola), tales como espagueti, macarrones, fideos, tallarines, sopas secas etc.

8.2.2 Sémola de trigo duro

La sémola se obtiene tras la molienda del trigo duro (*Triticum durum*) refinado, es decir, separando la mayor parte del salvado y del germen, que ofrece las partículas del endospermo del cereal en forma de harina gruesa, pudiendo ofrecer tres grados de grosor, fino (semolina), medio o grueso.

También se elabora sémola de trigo duro integral, en este caso se conserva el salvado y parte del germen en el procedimiento de molienda. Su principal uso es el de la elaboración de la pasta.

Cuadro 3. Composición química de la semolina

Composición nutricional	100g de semolina
Valor energético(Kcal)	345
Hidratos de carbono (g)	73,3
Proteínas (g)	9,95
Grasas(g)	0,87
Agua(g)	12,5
Fibra (g)	0,3
Vitamina A (ug)	No hay datos
Calcio(mg)	66,5
Sodio (mg)	1
Hierro(mg)	2
Vitamina B1(mg)	0,5
Vitamina B2(mg)	0,17
Niacina (mg)	3,32
Fósforo (mg)	195

Fuente: www.tibaldi.com

La sémola de trigo duro es rica en carbohidratos y proteínas. También destaca su bajo contenido en cenizas.

IX.- HARINA

La harina es el polvo fino que se obtiene del cereal molido (trigo, cebada, centeno y maíz) y de otros alimentos ricos en almidón como arroz, tubérculos y legumbres, también se le llama harina al polvo al que queda reducidas ciertas materias sólidas al ser trituradas, machacadas o molidas, eje. Harina de pescado.

9.1 Composición de la harina de trigo

Los compuestos químicos que componen la harina son los mismos que los del grano de trigo, aunque con una modificación porcentual debido a la eliminación de parte de ellos en el proceso de molienda.

Cuadro 4. Composición química de la harina

Composición de la harina de trigo por cada 100 gr.			
	Integral	Refinada	Refinada con vitaminas B añadidas
Agua	10,27 g	11,92 g	11,92 g
Calorías	339 kcal	364 kcal	364 kcal
Grasa	1, 87 g	0, 98 g	0, 98 g
Proteína	13,70 g	15,40 g	15,40 g
Hidratos de carbono	72, 57 g	76, 31 g	76, 31 g
Fibra	12,2 g	2, 7 g	2, 7 g
Potasio	405 mg	107 mg	107 mg
Fósforo	346 mg	108 mg	108 mg
hierro	3,88 mg	4,64 mg	4,64 mg
Sodio	5 mg	2 mg	2 mg
Magnesio	138 mg	22 mg	22 mg
Calcio	34 mg	15 mg	15 mg
Cobre	0, 38 mg	0, 14 mg	0, 14 mg
Cinc	2, 93 mg	0,70 mg	0,70 mg
Manganeso	3,79 mcg	0, 682 mcg	0, 682 mcg
Vitamina C	0 mg	0 mg	0 mg
Vitamina A	0 UI	0 UI	0 UI
Vitamina B1 (Tiamina)	0,4 mg	0,1 mg	0,7 mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	0, 215 mg	0, 04 mg	0, 494 mg
Vitamina B3 (Niacina)	6, 365 mg	--- mg	5, 904 mg
Vitamina B6 (Piridoxina)	0, 341 mg	0,2	0,044 mg
Vitamina E	1230 mg	0. 060 mg	0. 060 mg
Ácido fólico	44 mcg	--- mcg	128 mcg

Fuente: Calaveras, 1996.

La harina de trigo blanca proviene del endosperma del grano, es muy rica en hidratos de carbono pero carece de minerales y vitaminas que se encuentran en el salvado y germen.

9.2 Propiedades físicas de la harina

9.2.1 Color

La harina puede ser blanca o de un color crema suave. Una coloración ligeramente azulada es anormal y advierte sobre el inicio de una alteración.

Numerosas impurezas son producto de un nivel de extracción elevado o de un mal acondicionamiento del trigo.

9.2.2 Olor

Una harina normal tiene un olor propio, ligero y agradable. Las harinas alteradas poseen, por lo general, un olor desagradable.

9.2.3 Sabor

Su gusto tiene que ser a cola fresca. Las harinas alteradas poseen un gusto amargo, agrio y rancio.

9.2.4 Granulometría

El grano de finura de la harina varía según los molinos, tan sólo la práctica permite al panadero discernir al tacto la granulación de la harina. Una prueba basada en tamizados sucesivos, permite separar las partes más gruesas, llamadas redondas, de las más finas, denominadas planas.

Asimismo, puede utilizarse una prueba de sedimentación, basada en las velocidades de decantación de las partículas, en las que son más gruesas (y por tanto, las más pesadas) se depositan las primeras. Los resultados permiten establecer una curva de granulación.

9.3 Clasificación de la harina

La harina es generalmente clasificada en función de su contenido en gluten y según la fuerza que posee.

La fuerza de la harina se representa con una W, y sirve como guía para los diferentes usos. Según este parámetro se encuentran varios tipos de harinas.

9.3.1 Harina floja

Este tipo de harina contiene un bajo contenido en gluten, contiene en su composición como máximo un 8 ó 9%. Su fuerza es representada con un valor de 100 W aproximadamente.

Debido a la baja presencia de gluten, esta harina no esponja mucho la masa durante la fermentación, por lo que no es recomendada para la panificación, ya que el pan podría quedar apelmazado y secarse más rápidamente.

La harina floja es la más indicada para elaboraciones cuya masa no requiere de mucho trabajo, galletas, bizcochos, pastas de té, etc.

9.3.2 Harina de fuerza

Esta harina posee un elevado contenido en gluten, lo cual facilita que la masa pueda fermentar reteniendo el gas generado durante la fermentación en burbujas. Es obtenida de trigos duros o especiales, necesitando un tipo específico de molienda.

La fuerza de esta se representa con un valor $W = 200/300$.

Ya que la harina de fuerza puede absorber una cantidad alta de agua, esta permite obtener unos panes y productos fermentados más tiernos y de duración más prolongada, ya que tardan menos en secarse.

Se usa principalmente para masas fermentadas, entre ellas el pan, la bollería, etc.

9.3.3 Harina de media fuerza

Este tipo de harina se encuentra entre los dos anteriores atendiendo a su contenido de gluten, con un valor entre 100 y 200 W.

Se utiliza principalmente para masas de hojaldre y similares.

9.3.3.1 Otras harinas

Además de clasificarse según su potencial en gluten, también es posible encontrar otras harinas que no se caracterizan por la presencia de dicha proteína, si no que se componen de otras sustancias o son obtenidas de otros cereales.

9.3.3.2 Harinas acondicionadas y enriquecidas.

La harina en ocasiones no reúne las condiciones óptimas para obtener un buen resultado en una elaboración que se lleve a cabo utilizando tecnología avanzada. Por ello se le añaden ciertos aditivos con la finalidad de mejorar su sabor, aroma o color, los niveles de plasticidad y reducir el tiempo de fermentación.

A las harinas enriquecidas tan solo se les aumenta el número de nutrientes

Existen harinas preparadas o preparados semicompletos, con los que se pueden realizar elaboraciones de manera simple, algunas utilizadas directamente, y otras que deben mezclarse con las harinas panificables en proporción indicada por el fabricante.

9.4 Elaboración de la harina de trigo

La molienda del trigo tiene como finalidad básica la obtención de harinas a partir de los granos de trigo para la fabricación de pan, pastas alimenticias o galletas.

Los pasos que se siguen para obtener la harina son:

1. Limpieza preliminar de los granos, mediante corrientes de aire que separan el polvo, la paja y los granos vanos.
2. Escogido de los granos, mediante cilindros cribados que separan los granos por su tamaño forma.
3. Despuntado y descascarillado, en esta fase se eliminan el embrión y las cubiertas del grano.
4. Cepillado de la superficie de los granos, para que queden totalmente limpios.

5. Molturación, finalmente se pasa a la molienda por medio de unos rodillos metálicos de superficie áspera o lisa, que van triturando el grano y obteniendo la harina.
6. Refinado, una vez obtenida la harina pasa a través de una serie de tamices que van separando las diferentes calidades de la harina.

Después de la recolección y la trilla que separa la paja del grano de trigo, éste habitualmente se lava y se empapa con agua de modo que su núcleo se rompa adecuadamente.

En la operación de la molienda, se desmenuza el grano y se hace pasar a través de un conjunto de cilindros apisonadores. Cuando las partículas de menor tamaño han sido cribadas, se introducen las más gruesas a través de nuevos rodillos. La operación se repite hasta conseguir una harina blanca que posee un índice de aprovechamiento medio del 72% respecto de la cantidad inicial de grano. Cuando el porcentaje global extraído supera esta cifra, se obtienen las denominadas harinas integrales y oscuras, que contienen la cáscara del grano además de su meollo. La harina blanca soporta mejor largas temporadas de almacenamiento en silos, al no poseer un alto contenido en aceites vegetales.

Para controlar el proceso de molienda del trigo se utilizan el contenido de cenizas y fibra como parámetros importantes, ya que los minerales se encuentran principalmente en el salvado. Las harinas refinadas contienen menos cenizas que las integrales.

9.5 Calidad de la harina

La calidad de la harina se mide desde el punto de vista industrial, reológico y enzimático.

9.5.1 Calidad industrial

Para determinar la calidad industrial de las harinas es necesario realizar una serie de pruebas como son:

- Determinación de humedad
- Contenido de cenizas
- Presencia de sustancias extrañas
- Granulometría

- Características sensoriales
- Acidez

9.5.1.1 Contenido de agua (Humedad)

El agua es el segundo componente cuantitativo de la harina, según la reglamentación vigente debe de estar como máximo al 15%.

La humedad que tiene el grano de trigo y consiguientemente la harina, es una característica importante particularmente en relación con la seguridad del almacenamiento de la harina, ya que si el grano no está lo suficientemente seco después de la recolección, germinará o se enmohecerá una vez almacenado. Si la recolección se produce en malas condiciones se puede secar el grano, pero si la temperatura es demasiado alta, la proteína del grano se desnaturizará de tal forma que la harina al mezclarse con agua no producirá gluten.

9.5.1.2 Contenido de cenizas

El porcentaje de materia mineral de la harina es pequeña, no obstante, influye extraordinariamente en la calidad y comportamiento de la misma. La materia mineral se encuentra en el residuo que queda cuando se incinera la harina. Las materias orgánicas como el almidón, las proteínas, los azúcares, etc., se queman pero los minerales permanecen en forma de ceniza.

El porcentaje de materia mineral en la harina está en relación directa con el grado de extracción de la misma, siempre y cuando no se hayan añadido materias extrañas (Granja y Calaveras, 1994).

9.5.1.3 Sustancias extrañas

El recuento de los pelos de roedores y de fragmentos de insectos en la harina se practica digiriendo ésta y añadiendo el digerido enfriado sobre éter de petróleo.

Los pelos y fragmentos de insectos quedan retenidos en la interface petróleo/agua donde se pueden recoger e identificar microscópicamente. Este método se denomina Filth-test.

9.5.1.4 Granulometría

La granulometría puede apreciarse al tacto o bien por tamizado y servirá para detectar y diferenciar harinas granuladas que se deslizan entre los dedos, de harinas finas que quedan retenidas.

9.5.1.5 Características sensoriales

La apreciación del color nos informará sobre la presencia de partículas de salvado. A mayor cantidad de salvado más oscura será la harina.

El olor y el sabor están relacionados con el estado sanitario de la harina. Una harina normal y de reciente fabricación debe dejar un sabor de cola fresca y un olor característico y agradable. Por el contrario si la harina es vieja suele dejar un sabor ligeramente picante, debido a un grado de acidez elevado. Se perciben mejor los olores preparando una pasta con agua tibia.

9.5.1.6 Acidez

La acidez de las harinas se debe a la presencia de ácidos grasos provenientes de la transformación de las materias grasas.

Una acidez alta puede llegar a modificar la calidad del gluten disminuyendo su elasticidad y su grado de hidratación.

La acidez de la harina aumenta a medida que pasa el tiempo de almacenamiento, de esta forma las harinas viejas dan valores elevados de acidez.

9.5.2 Calidad reológica

La reología es la ciencia del flujo que estudia la deformación de un cuerpo sometido a esfuerzos externos. La reología de los alimentos es el estudio de la deformación y flujo de materias primas, productos intermedios y productos terminados en la industria de alimentos.

Los ensayos reológicos son muy empleados en la industria, ya que de los resultados que se obtienen, permiten clasificar a las harinas de trigo en tres grupos principalmente: para panificación, para la elaboración de pastas y para la elaboración de galletas.

Las principales características reológicas de la harina de trigo son:

- Tenacidad: (Elasticidad) resistencia opuesta a romperse

- Cohesión: adherencia interna por las fuerzas de atracción entre moléculas de la masa
- Extensibilidad: propiedad de la masa a recuperar la forma y la extensión
- Plasticidad: facilidad para tomar una nueva forma
- Consistencia: resistencia a deformarse

9.5.2.1 Proteínas

Las proteínas de la harina de trigo, específicamente las proteínas del gluten le confieren a la masa una funcionalidad única que la diferencia del resto de las harinas de otros cereales, la masa de harina de trigo se comporta desde el punto de vista reológico como un fluido viscoelástico, esta propiedad hace que la masa sea elástica y extensible.

Para su determinación se cuantifica el nitrógeno total presente en la muestra y se multiplica por 5.7 que es el factor de conversión de proteínas en cereales. 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. La legislación española exige un mínimo del 9% para las harinas panificables.

9.5.2.2 Gluten

Está constituido por dos fracciones de proteínas del trigo insolubles en agua, denominadas gluteninas y gliadinas y que representan el 85% del total de las proteínas. El gluten está reconocido como un factor básico de calidad de la harina de trigo.

El gluten se extrae de la harina sometiéndola a una corriente de agua salada que arrastra el almidón presente y a las proteínas solubles. De esta manera se forma un complejo proteínico, denominado gluten húmedo, que tiene aspecto gomoso y que es el responsable de las propiedades plásticas de la harina.

La extracción del gluten puede hacerse de manera manual o automática.

9.5.2.3 Índice de Sedimentación o de Zeleny

Esta determinación nos da información sobre la calidad y la cantidad de las proteínas. Se basa en la diferente velocidad de hidratación de las proteínas del gluten en función de su calidad. El esponjamiento del gluten en solución de ácido láctico afecta al grado sedimentación de una suspensión de harina.

Así, una sedimentación muy rápida indica que el gluten formado es de poca calidad, mientras que una sedimentación lenta y con mayor esponjamiento indica un gluten de mejor calidad. Lo que en realidad se mide es el volumen de sedimento obtenido en una probeta estándar, de una cantidad de harina puesta en suspensión en ácido láctico y alcohol isopropílico. El resultado se expresa en mililitros.

9.5.2.4 Farinógrafo

Este método se aplica para la determinación de la absorción de agua y el comportamiento durante el amasado de una harina de trigo. El farinógrafo es una amasadora que permite medir la consistencia de las masas, y por tanto el potencial de hidratación de una harina por una consistencia dada, 500 unidades de Brabender. La curva, suministra el valor del par consistencia en función del tiempo.

La información que nos aporta la curva registrada por el farinógrafo es la siguiente:

- Tiempo de desarrollo de la masa: Corresponde al tiempo necesario para alcanzar la consistencia deseada en relación con la rapidez de formación de la masa. Este valor nos permitirá diferenciar harinas de amasado lento o rápido (E en la figura 10).
- Estabilidad: Corresponde al tiempo transcurrido entre el punto en que la parte superior de la curva alcanza la línea de 500 unidades farinográficas y el punto en que la misma parte superior de la curva cruza nuevamente la línea de 500 unidades (B en la figura 10).

La estabilidad nos proporciona una indicación sobre la estabilidad de la consistencia.

- Grado de decaimiento: Es la magnitud de descenso de consistencia al proseguir el amasado. Las harinas obtenidas de trigos de alto valor panadero presentan un decaimiento muy poco importante, sin embargo, las harinas débiles presentan importantes valores de D. Es la diferencia en unidades farinográficas entre el centro de la curva en el punto de máxima consistencia y el centro de la curva 12 minutos después de este máximo. (D en la figura 10).

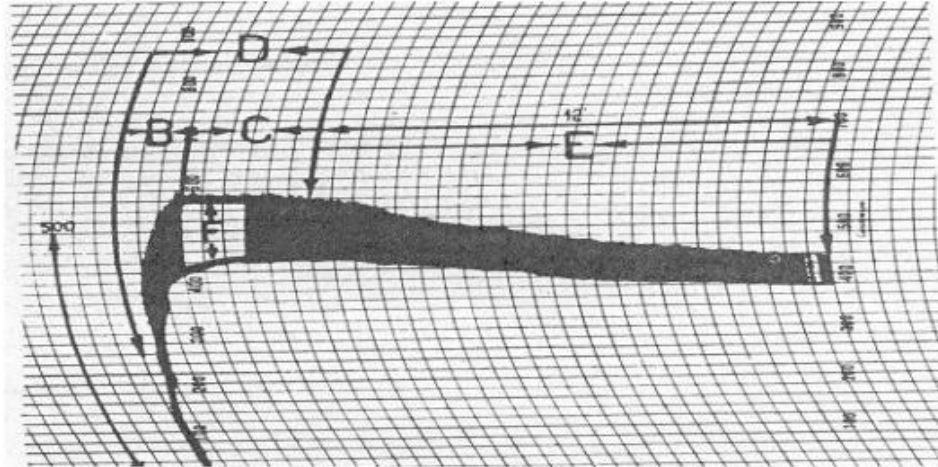


Figura 10. Representación de un farinógrafo
Fuente: Análisis reológico

9.5.2.5 Alveógrafo

Las cualidades plásticas de la harina y la fuerza de la misma, se determinan con un alveógrafo (Figura 11), que suministra una curva llamada alveograma. Dicha curva tiene dimensiones variables, de acuerdo con las características de la harina ensayada.

El principio del funcionamiento del Alveógrafo se basa en la extensión tridimensional de una porción de masa (denominada probeta, obtenida en condiciones estándar) que bajo la acción de una presión de aire se infla y toma la forma de una burbuja y en el registro gráfico de la presión en el interior de la burbuja hasta que ésta explota. Esta deformación simula la producida durante la fermentación bajo la presión del gas de origen biológico o químico (Figura 11).

El Alveógrafo está diseñado para medir la resistencia a la expansión y la extensibilidad de la masa en ensayo.

Los alveógrafos se utilizan comúnmente en la industria de la harina y del trigo para:

- Seleccionar y evaluar las variedades de trigo
- Clasificación de la harina de trigo determinando sus propiedades viscoelásticas con el fin de ajustarlas a las necesidades de los diferentes procesos.

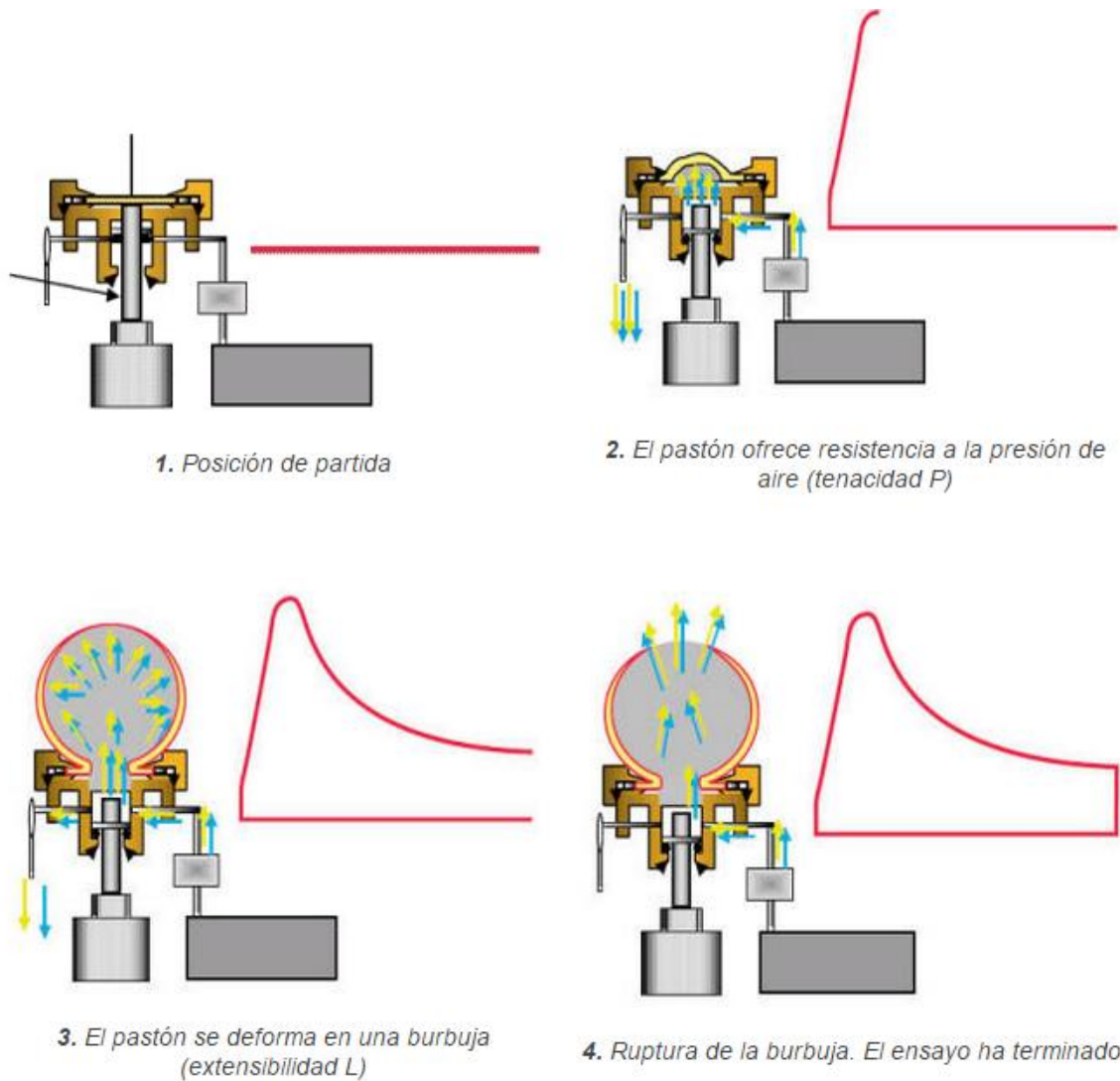


Figura 11. Alveógrafo de chopin
Fuente: Revista Virtual Pro, 2011

El ensayo alveográfico se utiliza para estimar la calidad de trigos y harinas destinadas a todos los tipos de panificación. Sirve para control del proceso de molienda, selección de mezclas de trigo para la producción de harinas y verificación de la acción de aditivos autorizados en el comportamiento de la harina.

Los parámetros obtenidos son registrados en un alveograma (figura 11-12).

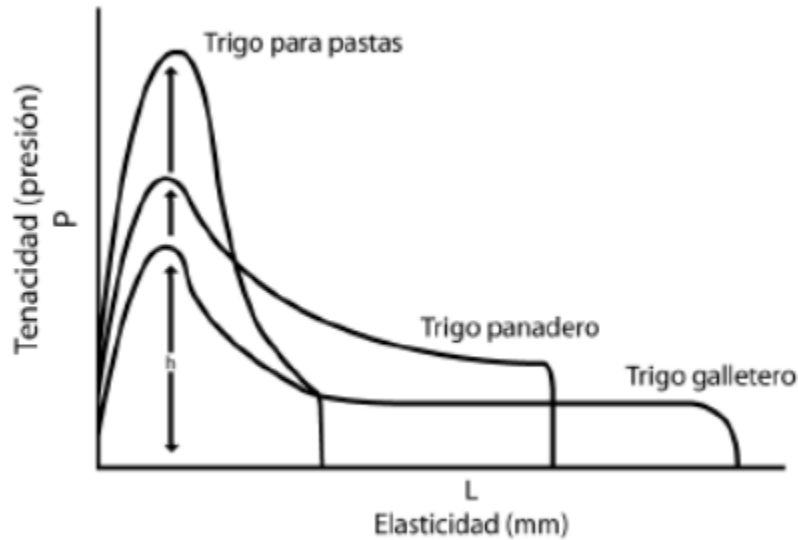


Figura 12. Comportamiento grafico del Alveógrafo de Chopin
Fuente: Ruiz, 2009

El alveógrafo mide las características reológicas fundamentales de la masa:

- Tenacidad (P): La tenacidad es la altura de la curva media en milímetros. Indica la resistencia que la masa opone a la rotura, esta propiedad la confieren principalmente las gluteninas
- Extensibilidad (L): La extensibilidad determina la habilidad de la masa a expandirse por el Dióxido de carbono (CO₂) producido por las levaduras durante la fermentación. Una extensibilidad excesivamente alta resulta en una masa débil y floja la cual colapsa durante la fermentación o mientras la cocción en el horno (Sharadanant y Khan 2003). La resistencia a la extensión es una medida de la habilidad de la masa para retener el Dióxido de carbono (CO₂), y consecuentemente una medida de la capacidad de la masa de formar un pan esponjoso. Una muy baja resistencia a la extensión resulta en una baja retención del Dióxido de carbono (CO₂) y un bajo volumen de pan, mientras que una muy alta resistencia a la extensión también resulta en un bajo volumen de pan porque la masa dura no es capaz de alcanzar una óptima altura durante la fermentación (Yi y Kerr 2009, citado por Steffolani 2010).
- Fuerza de la harina (W): El valor W refleja el trabajo de deformación de la masa al ser ensayada en el alveógrafo. Este valor W es directamente proporcional a la fuerza de la harina en cuestión.

Fuerza de la harina (área de la curva - Julios),

Masa débil W = menor 200 J.

Masa aceptable W = 200 – 300 J.

Masa demasiado fuerte $W = \text{mayor } 300 \text{ J}$.

- Punto de rompimiento (G): Determina la capacidad de hinchamiento de la masa
- Equilibrio de la harina (P/L): Los valores de Tenacidad (P), y Extensibilidad (L), tienen cierta importancia. Pero lo que tiene una importancia verdaderamente capital es el cociente de dividir ambas magnitudes, lo que se denomina P/L. Efectivamente éste es un valor que diferencia y caracteriza profundamente las harinas, reflejando para qué tipo de trabajo panadero es adecuada cada una.

Valores $P/L > 1$ son propios de harinas para masa dura o semidura.

Valores $P/L < 1$ deben poseerlos harina para masa semiblanda o blanda.

Las mejores harinas de masa blanda presentan valores P/L comprendidos entre 0.4 y 0.6.

Con la información que se obtiene de los alveogramas se pueden clasificar a las harinas en tres grupos, como se muestra en los cuadros 5-6 y 7:

Cuadro 5. Clasificación de la harina de trigo de acuerdo a su fuerza

Harina con gluten		
Fuerte	Medio	Débil
$W > 300$	$300 > W > 200$	$W < 200$

Fuente: www.utm.mx

Cuadro 6. Clasificación de la harina de trigo de acuerdo a su índice de equilibrio

Harina con gluten		
Tenaz	Balanceado	Extensible
$P/G > 6$	$6 > P/G > 4$	$P/G < 4$

Fuente: www.utm.mx

Cuadro 7. Clasificación de la harina de trigo de acuerdo a su fuerza e índice de equilibrio

Fuerza	Índice equilibrio	Uso
$300 > W > 200$	$6 > P/G > 4$	Panadería
$W < 200$	$P/G < 4$	Galletas
$W > 300$	> 6	Pastas

Fuente: www.utm.mx

Las harinas que presentan una mayor proporción de gluteninas son más fuertes y tenaces, mientras que las harinas que presentan una mayor proporción de gliadinas son más viscosas y extensibles, las harinas con una relación

balanceada de gliadinas y gluteninas presentan una fuerza media y son utilizadas para panadería, las harinas que presentan una mayor proporción de gluteninas se utilizan para elaborar pastas y las harinas que presentan una mayor proporción de gliadinas se utilizan para elaborar galletas.

9.5.2.6 Extensógrafo

Determina los cambios en la tenacidad y elasticidad de la masa con respecto al tiempo, principalmente en la etapa de fermentación. Al igual que en el alveógrafo se mide la tenacidad (T) y la extensibilidad de la masa (L). Y se tiene la relación T/L. El área bajo la curva representa la fuerza de la masa.

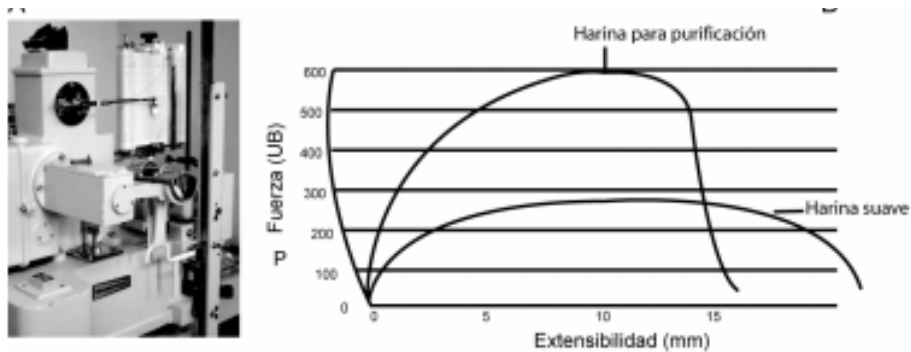


Figura 13. Extensógrafo Brabender y Extensógramas típico
Fuente: www.utm.mx

9.5.3 Calidad enzimática

9.5.3.1 Índice de caída o Falling Number

Con este método se mide indirectamente la actividad α -amilásica existente en la harina. Esta actividad es muy elevada en harinas procedentes de trigos germinados o en vías de germinación. Estas harinas darán productos de panificación de baja calidad con migas muy pegajosas, poco volumen y mucho color. 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 α -amilasa.

El valor óptimo para una correcta panificación se sitúa entre 270-340 segundos. Las harinas de trigos germinados pueden dar valores inferiores a 100 segundos siendo no aptas para la panificación.

9.5.3.2 Amilógrafo

Se realiza con el amilógrafo y mide de manera continua la resistencia a la agitación de una suspensión de harina-agua mientras se va elevando la temperatura a la velocidad constante de 1.5°C / min a partir de 25°C hasta 95°C.

De esta forma se detectan los cambios de viscosidad del producto después de la gelatinización (a los 60°C) del almidón, detectándose los cambios siguientes:

- Pérdida de birrefringencia
- Hinchamiento irreversible de los gránulos
- Liberación de amilosa
- Aumento rápido de la viscosidad

Harinas con alta actividad α -amilásica darán viscosidades bajas. Por el contrario harinas con poca actividad α -amilásica darán viscosidades elevadas.

El valor del amilógrafo establece el efecto de la α -amilasa durante el proceso de panificación. En definitiva el amilógrafo da información sobre la calidad del almidón y el contenido en enzimas de una harina. La valoración de la propiedad gelatinizadora de la harina permite saber con anterioridad a la estructura de la miga, la necesidad de añadir harinas especiales, aditivos diastásicos, etc.

Valores correctos para panificación se sitúan entre 400-500 U.A. Las harinas procedentes de trigos germinados darán valores inferiores a 400 U.A y no son aptas para panificación.

X.- NORMA OFICIAL MEXICANA PARA HARINAS (NOM-147-SSA1-1996)

Esta norma establece las especificaciones sanitarias y nutrimentales que deben cumplir las harinas de cereales, sémolas o semolinas.

10.1 Especificaciones sanitarias

10.1.1 Físicas

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

10.1.2 Microbiológicas

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

10.1.3 Contaminantes

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

10.1.4 Aditivos

Para la harina de trigo se permite el empleo de los siguientes:

Aditivos	Límite máximo mg/kg
Peróxido de benzoilo	100
Peróxido de calcio	50
Dióxido de cloro	30, en harina para productos fermentados con levadura
Cloro	1500, en harina para pasteles de elevada proporción de azúcar y materia grasa
Azodicarbonamida	45, en harina para pan leudado
Acido L- ascórbico y su sal de sodio*	BPF
Hidrocloreuro de L- cisteína	75
Dióxido de azufre	200, en harina para bizcochos y fabricación de pastas solamente
Fosfato monocálcico	2500
Lecitina	200

*Uso exclusivo como aditivo, no como nutriente.

10.2 Especificaciones nutrimentales

La harina de trigo debe ser adicionada con 2 mg de ácido fólico/kg de harina y 35 mg de hierro (como ion ferroso) /kg de harina.

XI.- CONCLUSIONES

Luego de revisar las características y usos del trigo (duro y blando), se puede establecer las siguientes conclusiones:

- ❖ La característica principal entre el trigo duro y el blando está en el endospermo, que es la parte interior de la semilla. El trigo blando se rompe más fácilmente que el trigo duro.
- ❖ El trigo duro y el trigo blando pertenecen a dos especies diferentes, aunque los dos tienen un aspecto parecido, presentan diferencias notables, entre ellas las exigencias medioambientales y la cantidad de proteína.
- ❖ El contenido de proteína, muestra una diferencia fundamental entre las dos especies, el trigo duro tiene un gluten tenaz adecuado para la producción de pasta, mientras que el trigo blando se extiende mejor, adecuado para la producción de galletas, pasteles, pizzas etc.

La principal diferencia entre la harina refinada y la integral es el contenido nutricional, destacando la harina integral por lo siguiente:

- ❖ La harina integral posee una cantidad de fibra mayor a la harina refinada: la harina integral contiene 12.2g de fibra/100g de harina, mientras que la harina refinada solo contiene 2.7g de fibra/100g.
- ❖ La harina integral tiene mayor contenido en vitaminas y minerales, destacando las vitaminas del complejo B, esenciales para el metabolismo de hidratos de carbono y grasas, vitamina E, potasio, magnesio y zinc.

Estas características le confieren a la harina integral y a los productos derivados de ella, un valor nutricional superior al de la harina refinada.

XII.- BIBLIOGRAFÍA

Cadena agroalimentario de trigo [En línea]. Consultado el día 16 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Descargas/CADENA%20TRIGO%20NACIONAL1.pdf>

Cultivo de trigo cultivo I [En línea]. Consultado el día 10 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/56691569/CULTIVO-DE-TRIGO#scribd>

Diagnostico Trigo 2012 [En línea]. Consultado el día 18 de octubre de 2015. Disponible en: <http://es.slideshare.net/CIMMYT/diagnostico-trigo-2013>

El cultivo del trigo (1ª parte) [En línea]. Consultado el día 14 de octubre de 2015. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>

El cultivo del trigo (2ª parte) [En línea]. Consultado el día 9 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo2.htm>

El grano de trigo: características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento [En línea]. Consultado el día 11 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2015/05/TSIA-81-Juarez-et-al-2014.pdf>

Fertilización en trigo [En línea]. Consultado el día 10 de septiembre de 2015. Disponible en: http://www.agroestrategias.com/Fertilizacion_en_Trigo.htm

Gonzales A. (1939). El trigo en México. México D.F. Pág. 8.

Guerrero A. (1999). Cultivos herbáceos extensivos. 6ª edición. España. Pág. 22, 23 y 24

Haldore Hanson E. (1982). Trigo en el tercer mundo. Primera edición. E.U.A. Pág. 8

Materia prima. Sémola [En línea]. Consultado el día 11 de mayo de 2016. Disponible en: <http://gastronomiaycia.republica.com/2009/07/22/semola/>

Norma oficial mexicana NOM-147-SSA1-1996

Parsons D. (1981). Trigo, cebada, avena. Editorial trillas S.A de C.V. México D.F. Pág. 12

Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales [En línea]. Consultado el día 10 de enero de 2016. Disponible en: http://www.utm.mx/edi_anteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf

Revisión bibliográfica, el trigo [En línea]. Consultado el día 14 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21143/Antecedentes.pdf>

Soldado E. (1978). El Trigo. Editorial albaratos. Buenos Aires, Argentina. Pág. 11, 12.

Uso de enzimas y oxidantes en productos de panificación fortificados. Estudio de las propiedades físicos-químicas y funcionales [En línea]. Consultado el día 14 de febrero de 2016. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/2695/Documento_completo.pdf?sequence=1